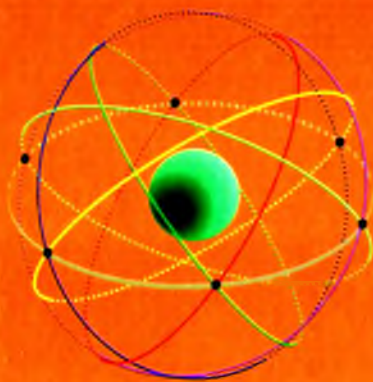


A.Qodirov, D.Kamalova

GEODEZIYA

1

(texnikaviy aniqlikdagi o'lchashlar)



Toshkent – 2018

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

ABDUVARIS G‘ANIYEVICH QODIROV

GEODEZIYA 1

(Texnikaviy aniqlikdagi o‘lchashlar)

*«5311500 – Geodeziya, kartografiya va kadastr» ta‘lim yo‘naliishi
talabalar uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiyu etilgan*

«Sano-standart» nashriyoti
Toshkent – 2018

UO‘K: 528(075.8)

KBK: 26.1ya73

Q-53

Geodeziya 1 (texnikaviy aniqlikdagi o‘lchashlar) /
o‘quv qo‘llanma: A.G‘.Qodirov: «Sano-standart»
nashriyoti, 2018-yil. – 224 bet.

Ushbu o‘quv qo‘llanma Oliy ta‘limning «5311500 – Geodeziya, kartografiya va kadastr» ta‘lim yo‘nalishi bo‘yicha ta‘lim olayotgan bakalavrlar uchun mo‘ljallangan.

O‘quv qo‘llanmada yer shakli va kattaligi haqida tushuncha, karta va planlarni tuzish usullari va ularni to‘g‘ri o‘qish, geodezik o‘lchash ishlarini bajarish hamda ularni natijalarini hisoblash, geodezik o‘lchashlarda yo‘l qo‘yladigan xatolarni aniqlash va tuzatish, geodezik tayanch va plan olish to‘rlarini yaratish masalalari bayon qilingan.

Taqrizchilar:

A. R. Bobojonov – Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti
«Yerdan foydalanish va yer tuzish» kafedrasida dotsenti.

S.A.Toshpo‘latov – Toshkent arxitektura-qurilish instituti
«Geodeziya va kadastr» kafedrasida dotsenti.

UO‘K: 528(075.8)

KBK: 26.1ya73

ISBN: 978-9943-5336-3-9

© A.G‘.Qodirov, 2018
© «Sano-standart» nashriyoti, 2018

SO‘Z BOSHI

Texnikaviy aniqlikdagi geodezik asboblarning yordamida loyihani joyga ko‘chirish, bino va inshootlarni qurish va foydalanish jarayonida o‘lchash ishlarini amalga oshirishlari, injener – geodezik masalalarni yecha bilishi kerak.

Ushbu o‘quv qo‘llanma 5311500 – Geodeziya, kartografiya va kadastr ta‘lim yo‘nalishi davlat ta‘lim standartiga kiritilgan «Geodeziya I (texnik aniqlikdagi o‘lchashlar)» fan dasturi asosida yozilgan.

Mazkur o‘quv qo‘llanma «Geodeziya» uchta qismdan iborat bo‘lib, uni yozishda muallif o‘zining ko‘p yillik tajribalariga va shu sohaga oid O‘zbekiston Respublikasida va xorijda nashr etilgan adabiyotlarda yoritilgan manbaga asoslanadi.

O‘quv qo‘llanmaning birinchi qismida geodeziya haqidagi umumiy ma‘lumotlar bayon qilingan.

Ikkinchi qism geodezik o‘lchashlarga bag‘ishlanadi.

Qo‘llanmani uchinchi qismi geodezik s‘yomka masalalarga bag‘ishlangandir.

O‘quv qo‘llanmada sohaning xorijiy adabiyotlarda yoritilgan ilg‘or ilmiy va nazariy texnologiya tajribalari ham qisman yoritilgan.

Qo‘llanmada keltirilgan o‘z-o‘zini tekshirish uchun berilgan savollar talabalarning mustaqil ishlashlarida yordam beradi deb o‘ylaymiz.

O‘quv qo‘llanmani oxirida keltirilgan golossariy fanni o‘zlashtiruvchi talabaga geodezik atamalarni ingliz va rus tilida talqin qilinishini ko‘rsatish bilan birga atamalar ma‘nosini tushunishga yordam beradi.

O‘quv qo‘llanma asosan «Geodeziya, kartografiya va kadastr» yo‘nalishida ta‘lim olayotgan talabalarga mo‘ljallangan bo‘lib, undan kasb-hunar kollejlari talabalari hamda ishlab chiqarishda ishlayotgan mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

Muallif ushbu o‘quv qo‘llanma haqida berilgan barcha fikr va mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladi.

I qism. GEODEZIYA HAQIDA UMUMIY

MA'LUMOTLAR

1. GEODEZIYA FANI MOHIYATI

1.1. Geodeziya fani va uning vazifalari

Geodeziya – yer haqidagi qadimgi fanlardan biridir. Geodeziya yunoncha soʻz boʻlib, geo (geo) – yer, deziya (dazio) boʻlish, yaʼni yerni boʻlish degani. Bundan koʻrinib turibdiki geodeziya fan sifatida insoniyat hayotining rivojlanish davridagi yer maydonlarini oʻlchash va boʻlish bilan bogʻliq amaliy zaruriyatdan kelib chiqqan fan sifatida yuzaga kelgan.

Geodeziya soʻzi fanni kelib chiqishini koʻrsatadi, lekin uning hozirgi vaqtdagi mazmun va mohiyatini ifodalamaydi.

Zamonaviy geodeziya fani serqirra boʻlib, u maʼlum bir geodezik asboblardan yordamida, maʼlum bir uslubiyatda, maʼlum bir kattaliklarni joyda oʻlchash va oʻlchash natijalarini maʼlum bir matematik hisoblash va chizmalarini tuzish, hamda murakkab ilmiy va ilmiy texnik masalalarini yechish bilan shugʻullanadi.

Yerning shakli va oʻlchamlarini aniqlash geodeziya fanining asosiy ilmiy vazifasi hisoblanadi.

Yerning ichki tuzilishi, yer qobigʻini gorizontal va vertikal deformatsiyasi, okean va dengizlarning qirgʻoqlarini oʻrganish, dengizlar suv sathlarining balandliklar farqini aniqlash, yer qutblarini oʻzgarishi kabi masalalarni yechishda geodeziya fanining ahamiyati katta. Yuqoridagi masalalarni yechishda astronomiya, geologiya, geofizika, geomorfologiya va boshqa yer toʻgʻrisidagi fanlar bilan birgalikda tadqiqot va oʻlchash ishlari olib boriladi.

Jamiyatning rivojlanishi bilan fan texnika taraqqiyot darajasi ortib bormoqda va geodeziya fanining tarkibi ham oʻzgarmoqda. Geodeziya oʻz taraqqiyoti jarayonida bir qator mustaqil ilmiy va ilmiy texnik fanlarga boʻlindi.

Yer sirtidagi katta boʻlmagan hududlarning quruqlik qismini topografik karta, plan va profilini tuzish maqsadida bajariladigan geodezik oʻlchash ishlar nazariyasi va amaliyoti bilan **topografiya (geodeziya)** fani shugʻullanadi.

Yer shakli va kattaligini yuqoridi darajada aniqlash masalalari bilan **oliy geodeziya** fani shug'ullanadi. Shuningdek ushbu fan geodezik tayanch to'rlarini barpo qilish masalalari bilan shug'ullanadi. O'z o'rnida oliy geodeziya masalalarini chuqur va batafsil o'rganish bilan alohida **geodezik astronomiya, geodezik gravimetriya va kosmik geodeziya** kabi mustaqil fanlar yuzaga kelgan.

Geodezik astronomiya fani osmon yoritgichlarini kuzatish orqali geodezik tayanch to'rlari uchun kerakli ma'lumotlarni aniqlash masalalari bilan shug'ullanadi.

Geodezik gravimetriya yer sirtining turli nuqtalaridagi tortish kuchini maxsus asboblardan yordamida o'lchash orqali yer shaklini o'rganish masalalari bilan shug'ullanadi.

Yer sun'iy yo'ldoshlari, kosmik kemalarning uchirilishi, yangi o'lchash va kuzatish asboblarning yaratilishi yerning, oyning va boshqa planetalarning shakli, kattaliklarini, gravitatsiya maydonlarini o'rganishda sifat jihatdan katta o'zgarishlarga olib keldi. Yerning shaklini aniqlash bilan birga materiklardan dunyo okeanlaridagi orollarga koordinatalarni uzatishda, yer yuzasida bajariladigan asosiy geodezik ishlarni yagona sistemaga birlashtirishda ham foydalanilmoqda. Buning natijasida **kosmik geodeziya** deb o'qitiladigan fan vujudga keldi.

Topografik karta va planlar tuzishda yerdan, (aviasiyadan) kosmosdan olingan fotosuratlarini keng ishlatilishi natijasida geodeziyada **fototopografiya** va **aerofototopografiya** degan sohalar vujudga keldi. Fotosuratlar orqali suratga olingan obyektlarni o'zaro holatini aniqlash va suratga olish va fotosuratlarda o'lchashlarni bajarish usullari va asboblari o'rganadigan fanga **fotogrammetriya** deyiladi.

Yerosti inshootlarini (shaxta, tunel, metro) qurishda yer bag'ridagi o'lchash ishlarini o'rganish va bajarish bilan shug'ullanadigan geodeziya sohasi **marksheyderiya** deb yuritiladi. Marksheyderiya geodeziyaning tog' ishlarida qo'llanilishidir.

Geodeziyaning ilmiy texnik va amaliy vazifalari haddan tashqari turli bo'lib, umumlashtirgan holda quyidagilarni keltirish mumkin:

- tanlangan koordinata sistemasida yer yuzasidagi ayrim nuqtalarning holatini aniqlash;
- turli maqsadlar uchun joyning karta va planlarini tuzish;
- loyihalash, qurilish, injenerlik inshootlaridan foydalanish, yer yuzasi va uning qa'ridagi qazilma boyliklardan foydalanish maqsadidagi yer yuzasida va uning ostidagi o'lchash ishlarini bajarish;
- harbiy maqsadlardagi geodezik ma'lumotlarni tayyorlash va h.k.

Yuqoridagilardan shunday xulosaga kelishimiz mumkin, **geodeziya** – yerning shakli va kattaligini o'rganishda, yer yuzasidagi nuqtalarning bir-biriga nisbatan holatini aniqlashda, yer yuzasining karta, plan va profillarini tuzishda hamda injenerlik inshootlarini barpo qilishda va ulardan foydalanishda bajariladigan o'lchashlar nazariyasi va amaliyoti haqidagi fandir.

Yer yuzasida chiziqlar uzunligi, chiziqlar va yo'nalishlar orasidagi gorizontal va vertikal burchaklar, nuqtalarning bir-biriga nisbatan balandliklari o'lchanadi. Bu o'lchashlarga geodezik o'lchashlar deyiladi va ular xilma-xil geodezik asboblardan yordamida bajariladi. Geodezik o'lchashlardan foydalanib, amaliy yoki ilmiy masalani yechishda o'lchash natijalari matematik jihatdan qayta ishlab chiqiladi.

Fan va texnikaning taraqqiyoti natijasida geodeziya fani rivojlanib bordi va hozirda ko'p tarmoqli fanga aylandi:

- inshootlarni loyihalash uchun zarur bo'lgan geodezik materiallarni olish maqsadida dalada bajariladigan geodezik o'lchash va hisoblash grafik ishlari;
- loyiha asosida quriladigan inshootni bosh va asosiy o'qlarni, xarakterli nuqtalarni joydagi holatini aniqlash;
- qurilish jarayonida inshoot o'lchamlarini (geometriyasini) loyihaga mosligini ta'minlash;
- maxsus jihozlar, dastgohlarni geometrik shartlarni bajargan holda o'rnatish va sozlash;

– qurilayotgan inshootlarning o'ichamlarini loyihada berilgan o'ichamlarga mosligini aniqlash maqsadida ijroiyy s'yomkani bajarish;

– inshoot qurilishi va undan foydalanilishi jarayonida turli omillar, unga ta'sir etuvchi kuchlar (yuklar), antropogen omillar oqibatida inshootda va uning asosidagi deformatsiyalarni o'rganish bilan shug'ulanadigan geodeziyaning yana bir sohasiga **injenerlik geodeziyasi deb ataladi**. Umumlashtirgan holda aytishimiz mumkin, injenerlik geodeziyasi turli injenerlik-qidiruv ishlarida, injenerlik inshootlarini loyihalash va qurishda, ulardan foydalanishda geodezik ishlarni tashkil qilish va bajarish bilan shug'ullanadi.

Yuqorida qayd etilgan barcha geodeziyaga oid fanlarni amaliyotda foydalanish nazariyasi va amaliyotini o'rganuvchi fanga **amaliy geodeziya deb ataladi**, injenerlik geodeziyasi uning bir bo'limi hisoblanadi.

Geodezik ma'lumotlarni olish va ma'lumot natijalarining ishlovi so'ngi vaqtlarda bir qator xorijiy davlatlarda «Geomatika» («Geomatics») nomi bilan yuritilmoqda. AQSH va bir qator ingliz tilida muloqot qiladigan davlatlarda, ayniqsa Kanada, Angliya va Avstraliyada bu nom keng yoyilgan. AQShning ko'pgina kollej va universitetlarining o'quv dasturlaridagi «Surveyng» yoki «Surveyng Engineering» iborasi «Geomatics» bilan almash-tirilgan.¹

Geodeziya juda ko'p fanlar, jumladan astronomiya, matematika, fizika, elektronika, geografiya, geologiya va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liq bo'lib, o'z faoliyatida bu fanlarning yutuq va natijalaridan keng foydalanadi. O'z navbatida astronomiya, geologiya, geografiya, geofizika va boshqa fanlar geodeziya fanining tadqiqot va natijalaridan foydalanadi.

1.2. Geodeziya fanining qisqacha tarixi

Yerni kichik bo'laklarga bo'lish maqsadida bajarilgan o'lchash ishlari odamlarga qadim zamonlardan ma'lum. Qadimgi

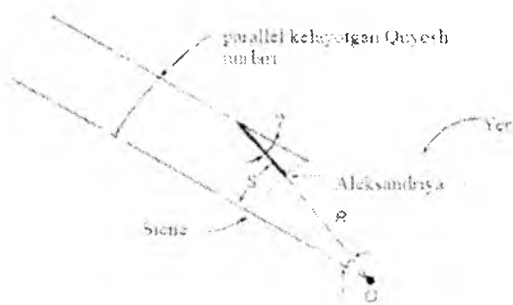
¹ Charles D.Ghilani, Paul R. Wolf. "Elementary Surveying". 2012.

Misrda, Nil daryosi vodiysida dehqonchilik juda rivojlangan, lekin suv toshqini sababli yer uchastkalarining chegaralarini o'zgarib turganligidan misrliklar chegaralarni qaytadan belgilash, unumdor yerlarni qismlarga bo'lish bo'yicha yer o'lchash ishlari bilan tez-tez shug'ullanganlar. Dajla va Frat daryolarining vodiylarida sug'orish ishlarini amalga oshirish maqsadida katta ishlar amalga oshirilgan, bunday ishlarni geodezik ishlarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi.

Qadimiy ulkan inshootlarni qurilishi ham geodezik o'lchashlarsiz amalga oshirilmagani aniq. Harbiy masalalarni yechishda ham qadimdan geodezik o'lchashlardan foydalanilgan. Eramizgacha bo'lgan uchunchi asrlardan boshlab geodeziya oldida yer o'lchamlari (kattaliklari) va shaklini aniqlash bo'yicha ilmiy masalalar qo'yildi.

Qadimgi yunon olimi Pifagor (eramizdan oldingi 580–500-yillar) yer sharsimonligini taxmin qilgan. Filosof Aristotel (eramizdan oldingi 384–322-yillar) yer sharsimon va o'lchamlari katta emas degan fikrni bildirgan.

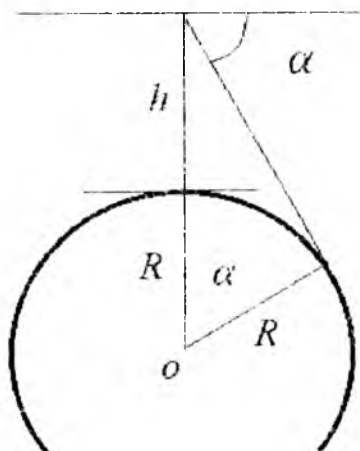
Yer sharining kattaligini aleksandriyalik (Misr) olim Erastosfen (eramizdan oldingi 276–195-yillar) aniqlagan².



1.1-shakl. Erastosfenni yer o'lchamini o'lchash sxemasi

² Charles D.Ghilani, Paul R. Wolf. "Elementary Surveying". 2012

Ulug' o'zbek olimi Abu Rayxon Beruniy (973–1057-yillar) yer shari kattaligini aniqlashda IX asrning oxirlarida yashagan Abu Toyib Sind Ali usuli bilan balandligi ma'lum bo'lgan tog' tepasidan turib quyoshning ufqda botish (gorizont pasayish) burchagini o'lchash yo'li bilan yer shari radiusini hisobladi. Beruniy tomonidan 32° shimoliy kenglikdagi Nandānada tekisligida qad ko'tarib turgan tog' tepasidan gorizont pasayish burchagi α o'lchangan, h tog' balandligi ham aniqlangan, u holda 1.2-shaklidan



1.2-shakl. Beruniyning yer shari kattaligini aniqlash sxemasi

yer shari radiusi

$$R = \frac{\cos \alpha}{1 - \cos \alpha} h$$

ga teng bo'ladi. Beruniy o'lchovlariga ko'ra 32° shimoliy kenglikda yer shari radiusi $R=6321,5$ km. 1° meridian yoyining uzunligi $S=110,275$ km ga teng. Hozirgi hisoblarga ko'ra 32° shimoliy kenglikda $R=6356,18$ km, $S=110,88$ km dir.

XVII asrning boshida astronomik ko'rish trubasini yaratilishi, shuningdek adilak, verner va dalnomerlarni yaratishi (Yansen, Galiley, Kepler) geodeziya rivojlanishining yangi pog'onasi bo'ldi. Dastlabki optik trubali geodezik asbob nivelir bo'lib, u XVII

asrning ikkinchi yarmida yuzaga kelgan. 1787-yili ingliz mexaniki Ramsden optik trubali teodolitni yaratgan.

Gollandiyalik olim V. Snellius (1580–1626-yillar) uzoq masofalarni o'lchashda triangulyatsiya usulini qo'lladi. 1669–1670-yillarda fransuz olimi En Pikar (1620–1682-yillar) Parij va Am'en shaharlari orasida triangulyatsiya o'tkazib, yer shari radiusi 6371, 62 km ekanligini aniqladi.

1680-yilda I. Nyuton (1643–1727-yillar) o'zining butun dunyo tortishish qonuniga asoslanib, yer shakli shar emas, sferiod (ellipsoid) shaklida ekanligini nazariy jihatdan isbotladi. 18 asrning boshidagi gradasli burchak o'lchashlar amaliyotda o'lchashlar yer o'lchamlari va shaklini aniqlashda Nyuton fikrini to'g'riligini tasdiqladi.

1.3. Geodeziyaning mamlakat xo'jaligi rivojlanishidagi o'rni

Yerni shakli va kattaligi haqidagi ma'lumotlar insoniyat uchun zarurdir. Bu ma'lumot yer sun'iy yo'ldoshlari (ESY)larini uchirish, televideniye, geologiya, radio, geografiya, geofizika uchun zarurdir.

Yer yuzasini o'rganish, o'zlashtirish, hamda yer yuzasini injener inshootlarini barpo qilish bilan shug'ullanadigan barcha mutaxassislar uchun topografik karta ko'z bo'lib xizmat qiladi. Buning uchun undan foydalanishni yaxshi bilish kerak.

Geodezik ishlar sanoat qurilishi, yo'l qurilishida ham muhim ahamiyatga ega yangi shahar va qishloqlarni bunyod etish, aholi yashaydigan punktlarini planlashtirish kabi muhim ishlarni geodezik ishlarsiz va topografik xaritalarsiz amalga oshirib bo'lmaydi.

Har qanday bino, uy va yo'l qurilishining samaradorligi, qurilish narxi, ulardan foydalanish iqtisodiy ko'rsatkichlariga asosan geodezik ishlarning qanchalik aniq bajarilganligiga va geodezik ma'lumotlardan qanchalik to'g'ri foydalanilganligiga bog'liq.

Yangi shahar va qishloqlarni barpo etish, aholi yashaydigan punktlarni planlashtirish, ularni obodonlashtirish va qayta qurish

loyihalarini tuzish kabi muhim masalalarni geodezik ishlarsiz amalga oshirib bo'lmashligi turgan gap.

Geodezik o'lchash ishlari, topografik kartalar va aerofotos'yomka materiallari mamlakatimiz mudofaa qobiliyatini oshirish vositalaridan biridir.

Topografik karta va aerosuratlardan taktik, strategik masalalarni hal qilishda, hamda boshqa harbiy ishlarda keng foydalaniladi.

Umuman, geodeziya mamlakatimiz xo'jaligini barcha tarmoqlarini rivojlantirishda va mudofaa qobiliyatini oshirishda juda katta ahamiyatga ega.

Nazorat savollari

1. Geodeziya fanining ilmiy va ilmiy texnik vazifalarini aytib bering.

2. Geodeziya fani qanday ilmiy va ilmiy texnik fanlarga bo'linadi va ularning vazifalarini aytib bering.

3. Abu Rayhon Beruniy yer radiusini qanday aniqlagan?

4. Geodeziya fanining rivojlanishiga Yevropa olimlari qanday hissa qo'shishgan?

5. Geodeziya fanining mamlakat xo'jaligi va davlat mudofaasida tutgan o'rni haqida gapirib bering.

2. YER SIRTIDAGI NUQTA HOLATINI GEODEZIK ANIQLASH

2.1. Yerning shakli va kattaligi

Yerning shakli va kattaligini aniq bilish geodeziyada yer sirtidagi mavjud tafsilotni *xaritada* to'g'ri tasvirlash uchun kerak. Shuningdek, yerning shakli va o'lchami haqidagi ma'lumotlar fan va texnikaning ko'p sohalari uchun zarurdir (kosmik kemalar va yer sun'iy yo'ldoshlarini uchirishda, aviatsiyada, dengizshunoslikda va h. k.)

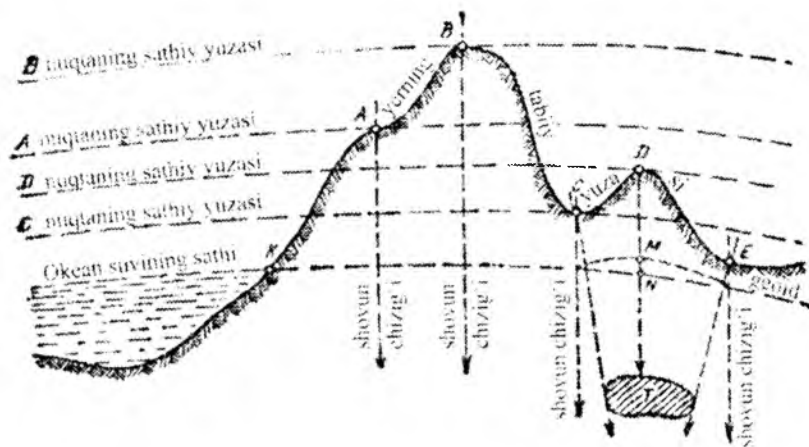
Yer yuzasining umumiy maydoni 510 mln. kvadrat kilometr ga teng bo'lib, yuzaning 71 foizi dengiz va okeanlar hamda 29 foizini quruqlik tashkil etadi. Dunyo okeanining o'rtacha chuqurligi 3800 metr atrofida, quruqlikni o'rtacha balandligi dengiz sathiga nisbatan 875 metr atrofida.

Dunyo okeanlarini sokin holatidagi sirti bo'yicha yerning quruqlikdagi materiklari ostidan fikran kesib o'tish orqali hosil bo'lgan yer shaklini ko'ramiz. Bunday *tutash shakl o'zining barcha nuqtalarida ushbu nuqtadan o'tuvchi shovun chizig'iga perpendikulyar bo'ladi va sathiy yuza deb ataladi.*

Yerning shakli juda murakkab va o'ziga xos. Yerning tabiiy yuzasi balandlik va chuqurlik, tog'lik va tekislik, tizma tog' va vodiylardan iborat. Yerning tabiiy shaklini aniqlash juda qiyin. Yerning shakli deganda, uning tabiiy shakli e'tiborga olinmaydi, faqat uni matematik shakli tushuniladi. Yerni o'rab turuvchi bunday o'zaro parallel sathlarni ko'plab o'tkazish mumkin (2.1-shakl).

Ana shunday matematik shakllardan yerning tabiiy shakliga eng yaqini *geoiddir*. «Geoid» tushunchasini 1873-yilda ingliz fizigi I. B. Listing kiritgan. Listing fikriga ko'ra yer sathini qariyb 70 foizini okean va dengiz o'rab turadi – geoid ana shu suvlar sathi quruqlik (materik va orollar)ni kesib o'tishi orqali hosil qilinadi. Bunday kesishishda geoid yer tortish kuchiga perpendikulyar bo'lishi kerak. Ammo yer qa'ridagi jinslar turli zichlik va og'irlikka ega bo'lgani uchun geoid yuzasi murakkab – notekis to'liqinsimon shaklga ega bo'ladi va bironta ham

matematik tenglama bilan ifodalab bo'lmaydi. Shu sababli geoidni o'rniga unga o'xshash matematik ifodalana oladigan shaklni tanlash lozim bo'ladi. Odatda bunday shakl ikkita bo'ladi.



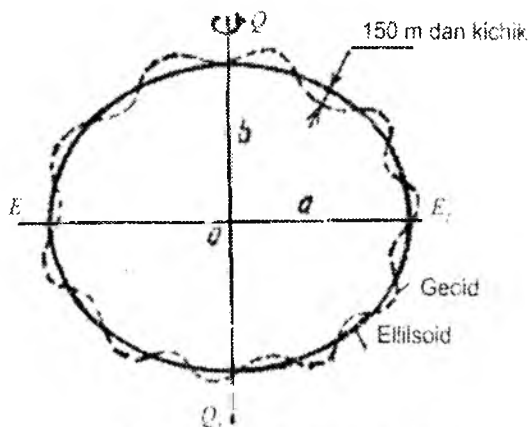
2.1-shakl. Yer sirtidagi nuqtalardan o'tkazilgan sathiy yuzalar va geoid sxemasi

Yer ellipsoidi kichik va katta radiuslari bir-biridan farqi juda kichikdir. Shuning uchun katta aniqlik talab qilinmaydigan geodezik va kartografik ishlarda yer shar shaklida deb qabul qilingan

Geoid oddiyroq bo'lgan biron-bir matematik tenglama bilan ifodalanmaydi, shuning uchun geoid unga yaqin bo'lgan soddaroq sath bilan almashtiriladi (approksimatsiyalanadi).

Aniq o'lchashlar orqali geoid sirtiga eng yaqin bo'lgan geometrik shakl, bu kichik o'qi atrofida aylantirish natijasida hosil bo'lgan aylanma ellips yer ellipsoidi ekanligi aniqlangan. (2.2-shakl).

Har bir davlatda geodezik ishlar uchun ma'lum kattalikdagi yer ellipsoidi qabul qilingan bo'lib, bu ellipsoid geoid ichida undan eng kichik og'ishni ta'minlaydigan qilib orientirlangan, ya'ni ellipsoid kichik o'qini yer sutkalik aylanish o'qiga joylashtirilgan bo'ladi, bunga referents – ellipsoid deyiladi.



2.2-shakl. Geoid va yer shakli

Geoid bilan ellipsoidni bir-biridan farqi (yer yuzining baʼzi nuqtalarida) 150 m dan oshmaydi. Bu farq yerning umumiy kattaligiga nisbatan juda kichikdir. Shuning uchun geodeziyada yer shakli aylanma ellipsoid shaklida deb qabul qilingan.

Yer ellipsoidini oʻlchamlari uning katta yarim oʻqi (a), kichik yarim oʻq (b) va qutblarning siqqlik darajasi (f) orqali ifodalanadi

$$f = \frac{a-b}{a}, \quad (2.1)$$

a – katta yoki ekvatorial yarim oʻq (radius)

b – kichik oʻq yoki qutbiy radius

f – qutblar siqqligi.

yer ellipsoidining oʻlchamlari geodezik oʻlchash natijalaridan foydalanib, bir qancha mamlakat olimlari tomonidan hisoblab chiqarilgan, ularning baʼzilari 2.1-jadvalda keltirilgan.*

Oʻzbekiston va mustaqil davlatlar hamdoʻstligi davlatlarida 1946-yilgacha Bessel tomonidan hisoblab chiqilgan yer ellipsoidi oʻlchamlaridan foydalanilgan. 1946-yildan shu kungacha F.N.Krasovskiy (1878–1948-yillar) rahbarligida ishlab chiqilgan yer ellipsoidi oʻlchamlari geodezik ishlarni hisoblashda ishlatiladi.

Yer sharining kattaligini aniqlash bilan juda qadimdan shugʻullanganlar. Eramizdan avval yashagan Pifagor asarlarida

yer shar shaklida bo'lsa kerak degan fikrni uchratish mumkin. Aristotel asarlarida esa yerni shar shaklida ekanligi haqida dalillar keltirilgan. Yerning kattaligini aniqlash metodini eramizdan oldingi Erosfer asarlarida uchratish mumkin.

Yer ellipsoidini elementlari gradus o'lchash natijalariga asoslanib hisoblab chiqariladi. Fransuz olimi Delamber (1800) hisoblab chiqargan yer ellipsoidi hozir faqat tarixiy ahamiyatga ega.

MDHda 1946-yilgacha geodezik ishlarda nemis astronomi F. V. Bessel (1841) hisoblab chiqargan yer ellipsoidi elementlaridan foydalanilar edi. Keyingi yillarda olimlar Bessel ellipsoidi MDH territoriyasida geoid shakldan ancha farq qilishini aniqlashdi.

Amerikalik olim Xeyford yer ellipsoidini elementlarini hisoblashda AQShda o'tkazilgan gradus o'lchash natijasiga asoslandi. 1924-yilda Xalqaro geodeziya va geofizika jamiyati bu ellipsoidni halqaro ellipsoid deb qabul qilishni taklif etdi.

1940-yilda Krasovskiy yer ellipsoidini elementlarini hisoblab chiqdi. Bu ellipsoidga Krasovskiy referents-ellipsoidi deb nom berildi. Krasovskiy ellipsoidi yerni haqiqiy shakli geoidga yaqin.

2.1 jadval

Yer ellipsoidining o'lchamlari

Olim familiyasi	O'lchashlar hisoblab chiqarilgan yili	Ellipsoid katta yarim o'qining uzunligi, m	Qutblarning siqirligi
Delambr	1800	6 375653	1:334, 00
Bassel	1841	6 377397.155	1:299, 15
Klark	1880	6 378249.145	1:293, 47
Xeyford	1909	6 378388	1:297, 00
Krasovskiy	1940	6 378245.0	1:298, 30
Airi	1830	6 377563.396	1:299, 32
Everest	1830	6 377276.345	1:300, 80
Fisher (Merkuriy)	1960	6 378166.0	1:298, 30
Fisher	1968	6 378150.0	1:298, 30

GPS	1967	6 378160.0	1:298, 24
GPS	1975	6 378140.0	1:298, 25
GPS	1980	6 378137.0	1:298, 25
Janubiy Amerika	1940	6 378160.0	1:298, 25
WGS	1960	6 378165.0	1:298, 30
WGS	1966	6 378145.0	1:298, 25
WGS	1972	6 378135.0	1:298, 26
WGS	1984	6 378137.0	1:298, 25

Krassovski referents ellipsoidi uchun yer sharining radiusi $R=6371,11$ km.ga teng bo'ladi.

Yer sun'iy yo'ldoshlari orqali aniqlangan WGS-84 tizimida referents ellipsoid sirtini geoid sirtiga nisbatan farqi +70 metrdan -100 metrgacha boradi.³

2.2. Geodeziyadagi proektsiyalash uslublari

Yer fizik sirti tog', cho'qqi, darra, pastlik kabi turli ko'rinishdagi fazoviy shakllar yig'indisidan iboratdir. *Xarita* va plan tuzishda yoki biror bir ilmiy-texnik masalalarni yechishda yer sirtidagi kerakli nuqtalarni kerakli sirtga proektsiyalash kerak bo'ladi.

Xarita va plan tuzishda proektsiyalashning turli usullari mavjud bo'lib ular kartografiya fanida chuqur o'rganiladi. Kartografik proektsiyalarda burchak va masofa kattaliklarida o'zgarishlar yuzaga keladi.

Biz geodeziyada qo'llanadigan elementar usullarni taxlil qilamiz.

Yer fizik sirtidagi nuqta holatini asosan **koordinata** va **balandlik** ko'rsatkichlari ifodalaydi.

Koordinata ko'rsatkichlari yer fizik sirtidagi nuqtalarni o'zaro planli joylashishini, ya'ni ular orasidagi yotiq (gorizontal) masofani xarakterlaydi.

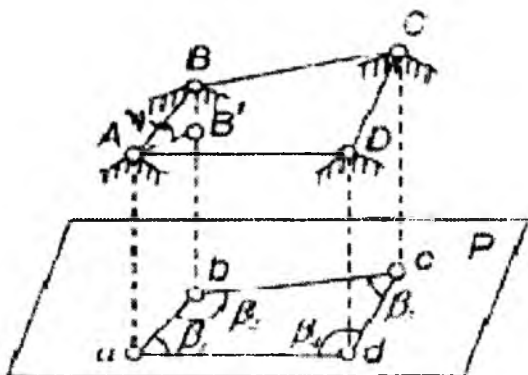
³ Topographic mapping. John N. Hatzopoulos. 2008. USA

Balandlik ko'rsatgichlari esa yer sirtidagi tik (vertikal) masofani xarakterlaydi.

Proektsiyalash uchun asosan quyidagi sirlarni ko'rish mumkin:

- yer shari yoki yer ellipsoidi sathiy yuzasini sirti;
- gorizontal tekislik yuzasi sirti.

Yer fizik sirtidagi fazoviy shakllarni gorizontal tekislikda tasvirlash uchun geodeziyada ortogonal (to'g'ri burchakli) proektsiya qo'lanadi. Bunda yer fizik sirtidagi nuqtadan proektsiya sirtiga tushiriluvchi chiziqlar sirtga perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi.



2.3-shakl. Ortogonal proektsiya

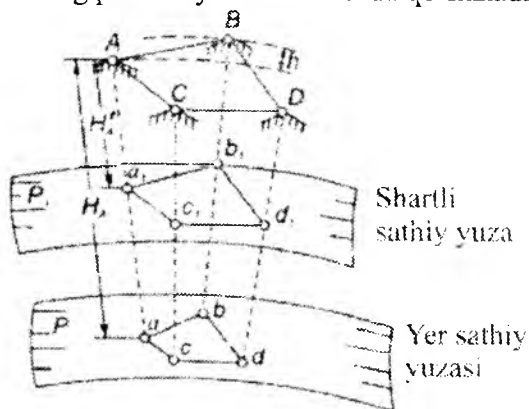
2.3-shakldagi ABCD ko'pburchagi yer yuzasining bir qismi bo'lsin. Ko'pburchakning har bir uchidan P tekisligiga perpendikulyarlar tushiramiz. Perpendikulyarlar asosini a, b, c, d orqali belgilaymiz.

Tekislikda hosil bo'lgan bu nuqtalar fazoviy nuqtalarning **ortogonal** (to'g'riburchakli) **proektsiyasi** deyiladi; AB, BC, CD chiziqlarning proektsiyasi ab, bc, cd bo'ladi.

ABC, BCD burchaklarning ortogonal proektsiyasi abc, bcd . Fazoviy ko'pburchak ABCD ning ortogonal proektsiyasi yassi ko'pburchak $abcd$ bo'ladi.

Yer fizik sirtidagi fazoviy shakllarni yer shari yoki yer ellipsoidi sathiy yuzasining sirtida tasvirlanish sxemasi

2.4-shaklda keltirilgan. Bunday proektsiyalash odatdanisbatan katta hududlarning proektsiyalarini tuzishda qo'llanadi.



2.4-shakl. Yer fizik sirtidagi fazoviy shakllarni sathiy yuzasining sirtiga proektsiyalanish sxemasi

Shuningdek Aa , Bb , Cc va Dd proektsiyalash chiziqlarini uzunliklari bo'yicha A , B , C va D nuqtalarining balandlik qiymatlarini aniqlash mumkin.

Elementar geodeziyada odatda uch xil balandlik ko'rsatgichlari bor.

Yer yuzasidagi nuqtadan o'tgan shovun chiqig'i yo'nalishida nuqtadan balandlik hisobi uchun qabul qilingan sathgacha bo'lgan chiziq uzunligiga **nuqtaning balandligi** deyiladi. Nuqta balandligi asosiy sathiy yuzaga (dengiz va okeanlar suv sathiga) nisbatan aniqlansa, bunday balandlikka absolyut balandlik deyiladi va H bilan belgilanadi. Nuqta balandligi shartli qabul qilingan sathga nisbatan aniqlansa shartli absolyut balandlik deyiladi va H' bilan belgilanadi (2.4-shakl).

Bir nuqtani ikkinchi nuqtaga nisbatan balandligiga **nisbiy balandlik** deyiladi va h bilan belgilanadi.

Balandlikni sonli qiymatiga **nuqta otmetkasi** deyiladi. A nuqtaning V nuqtaga nisbatan balandligi nuqtalar absolyut (shartli absolyut) balandliklari farqiga teng:

$$h_A = H_A - H_B = H'_A - H'_B \quad (2.2)$$

MDH davlatlarida nuqtalar balandligi Rossiyaning Kronshtadt shahridagi Boltiq dengizi bilan tutash bo'lgan Kronshtadt futshio'gning nol chizig'iga nisbatan aniqlanadi. Kronshtadt futshio'gi – Kronshtadt aylanma kanalidagi ko'priknig ustuniga mahkamlangan mis reykadir.

Katta maydonlarda geodezik ishlarni bajarishda referents ellipsoid va geoid sathlarini ustma-ust tushmasligini inobatga olishga to'g'ri keladi. yer yuzasidagi nuqtadan o'tgan normal chiziq yo'nalishida referents ellipsoid sathigacha o'lchanadigan balandlik **geodezik balandlik** bo'lsa, shovun chizig'i yo'nalishida geoid sathigacha o'lchanadigan balandlik **ortometrik balandlik** deyiladi. Ular orasidagi farqqa **balandlik anamaliyasi** deyiladi. Kichik hududda bajariladigan geodezik ishlarda geoid va referents ellipsoid yuzalari bir-biriga to'g'ri keladi deb qabul qilinadi.

2.2.1. Gorizontal proektsiyalash uchun kerak bo'lgan kattaliklar

Yer fizik sirtidagi fazoviy shakl ABCDni proektsiya sirtida hosil ortogonal proektsiyasi yassi ko'pburchak $a b c d$ bo'ladi (2.3-shakl) yer fizik sirtidagi fazoviy shaklni **ortogonal proektsiyasi** to'g'ri bo'lishi uchun ma'lum bir kattaliklar kerak bo'ladi

- *gorizontal masofa* – d ;
- *gorizontal burchak* – β ;
- *vertikal burchak* – ν ;
- *nisbiy balandlik* – h .

ab , bs , sd ; da chiziqlari AB, BC, CD, DA fazoviy tomonlarning gorizontal masofasi bo'ladi, ular orasidagi β burchaklar esa gorizontal burchaklar bo'ladi.- bunda ab , bs , sd ; da chiziq uzunligi joydagi AB, BC, CD, DA tomon uzunligidan farq qilishi mumkin. 2.3-shakldan ko'rsak

$$ab = AB' = AB \cos \vartheta, \quad (2.3)$$

Bunda ν – joydagi chiziqni gorizontal tekislikdan og'ishi natijasi bo'yicha kelib chiquvchi vertikal (og'ish) burchak. Geodezik amaliyotda joydagi fazoviy shaklni gorizontal proektsiyasini qurish uchun fazoviy nuqtalar orasidagi masofadan

emas, baiki ushbu masofani gorizontal tekishkdagi proektsiyasidan foydalaniladi.

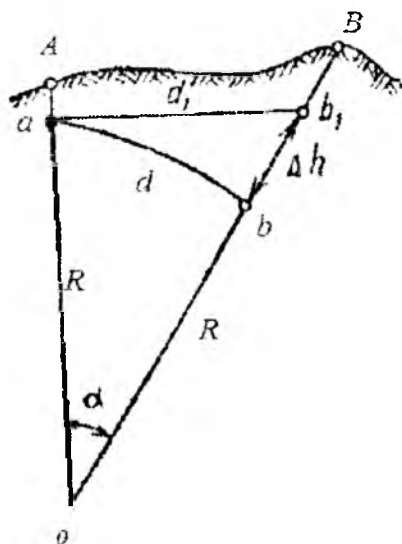
2.2.2. Proektsiyalashda yer sirti egriligini gorizontal va vertikal masofaga ta'siri

Katta bo'lmagan o'lchamlarga ega bo'lgan maydonlarda geodezik ishlar bajarilganda sathiy yuza tekislik deb qabul qilinadi, bu o'z navbatida masofa va balandlik o'lchashda xatoliklarga olib keladi, maydon yuzasi ortib borishi bilan bu xatolik ham ortadi.

2.5- shaklda A va B yer yuzasidagi nuqtalar bo'lsin a va b bu nuqtalarni R – radius egriligiga ega bo'lgan sfera sathiga proektsiyasi, b nuqtani yer sferikligini inobatga olinmaganda gorizontal tekislikdagi proektsiyasi b_1 bo'lsin.

ab sathiy yuzani ab_1 gorizontal tekislik bilan almashtirish natijasida gorizontal masofada quyidagi xatolik kelib chiqadi

$$\Delta d = ab_1 - ab \quad (2.4)$$



2.5-shakl. Yer sirti egriligini gorizontal va vertikal masofaga ta'siri

2.5-shakldan quyidagilarni yozishimiz mumkin

$$AOh_1 = Rtga; \quad ah = d = R\alpha \quad (2.5)$$

unda

$$\Delta d = R(tga - \alpha) \quad (2.6)$$

$d=ab'$ masofa yer radiusiga nisbatan juda kichikligini inobatga olsak, α burchak ham kichik bo'ladi, u holda tga ni qatorga yoyib

$$tga = \alpha + \frac{\alpha^3}{3} + \dots,$$

uni ikki hadini (2.6) ga qo'ysak

$$\Delta d = R \frac{\alpha^3}{3} \quad (2.7)$$

bo'ladi. (2.5) da $\alpha = \frac{d}{R}$ ekanligini inobatga olsak

$$\Delta d = \frac{d^3}{3R^2} \quad (2.8)$$

bo'ladi.

Yer sirti egriligini vertikal masofaga ta'sirini ko'rib chiqamiz.

AOB to'g'ri burchakli uchburchakdan sferik yuza tekislik deb qabul qilinganda balandlikda kelib chiqadigan xatolikni quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta h = Oh_1 - Ob$$

$Ob=R, Oh_1 = R+\Delta h$ ekanligini inobatga olsak, Pifagor teoremasidan kelib chiqib yozishimiz mumkin

$$d^2 = (R + \Delta h)^2 - R^2 = 2R\Delta h + \Delta h^2,$$

bundan

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R + \Delta h}.$$

$2R$ ga nisbatan Δh kichik ekanligini inobatga olsak

$$\Delta h \approx \frac{d^2}{2R}, \quad (2.9)$$

deb yozishimiz mumkin.

(2.8) va (2.9) formulalarga $R=6371$ km va d qiymatlarini qo'yib Δd va Δh larni hisoblab ko'ramiz, hisoblash natijalari 2.2-jadvalda keltirilgan.

Hozirgi vaqtda geodezik o'lchashlarda masofa o'lchash aniqligi 1/1000000 ekanligini inobatga olsak, 10 km radiusdagi maydonni biz tekislik deb olib, masofa o'lchashda yer sferikligini hisobga olmasak ham bo'ladi.

2.2-jadval

Yer sferikligini gorizontal va vertikal masofalarga ta'siri

d km	0.1	1	2	3	10	25	50
Δd cm			0.0007	0.022	0.82	12.80	103
$\Delta d/d$			1:286000000	1:14000000	1:1200000	1:200000	1:50000
Δh m	0.078	7.8	31	71	780	4905	19620

Yuqori aniqlikda 1 km masofadagi nuqtalarni bir-biriga nisbatan balandligini o'lchash aniqligi 1 mm ekanligini inobatga olsak, 2.2- jadvaldan shunday xulosaga kelishimiz mumkinki, vertikal masofa o'lchashda yer sferikligini hisobga olish kerak.

Nazorat savollari:

1. Asosiy sathiy yuza deganda nimani tushunasiz?
2. Yer yuzasida nechta sathiy yuza o'tkazish mumkin?
3. Yer qanday shaklga ega va uning o'lchamlari qanday?
4. Referents ellipsoid deganda nimani tushunasiz?
5. Yer ellipsoidini shar bilan almashtirish shartini ayting.
6. Yer fizik sirtidagi fazoviy shaklni ortogonal proektsiyasi to'g'ri bo'lishi uchun qanday kattaliklar kerak bo'ladi?
7. Absolyut, shartli absolyut va nisbiy balandliklarni tushuntirib bering.
8. Yer sferikligini gorizontal va vertikal masofalarga ta'siri qanday bo'ladi?

3. GEODEZIYADA QO'LLANILADIGAN KOORDINATA TIZIMLARI

Yer fizik siridagi nuqtalar holati koordinata va balandlik ko'rsatgichlari bilan ifodalanadi.

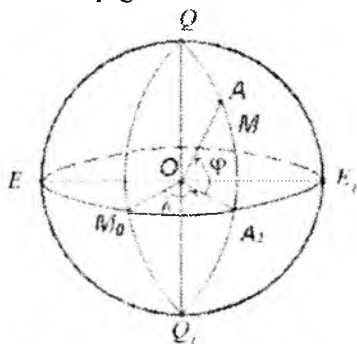
Biror nuqta boshlang'ich deb qabul qilingan nuqtaga nisbatan joylashgan o'rnini ifodalovchi miqdorlarga shu nuqtaning koordinatalari deyiladi.

Yer fizik sirtidagi istalgan nuqtaning joylashish o'rnini tanlangan ma'lum koordinata tizimining boshlang'ich tekisligi, chizig'i va nuqtalariga nisbatan aniqlangan koordinata ko'rsatgichlari orqali ko'rsatish mumkin.

Geodeziyada qo'llanadigan barcha koordinatalarni ikki guruhga ajratish mumkin: fazoviy va tekislikdagi koordinatalar.

3.1. Fazoviy koordinata tizimlari

Fazoviy koordinata guruhlariga geografik va geodezik koordinata tizimlarini kiritish mumkin. 3.1-shaklda A nuqtasining geografik kengligi va uzoqligi sxematik ko'rsatilgan:



3.1.-shakl. Geografik koordinatalar

Yer sharida o'tkazilgan meridian va parallellar yig'indisi *geografik to'r* deb ataladi. Kartada geografik to'r yordamida nuqtalarning **geografik koordinatalari** aniqlaniladi. yer sharidagi biron nuqtaning geografik koordinatalari (o'rnini) shu *nuqtaning geografik kengligi va uzoqligi* bilan ifodalanadi.

Yer yuzasidagi biron nuqtadan yer markaziga tomon tushirilgan shovun chizig'i bilan ekvator tekisligi orasida hosil bo'lgan burchakka, shu nuqtaning *geografik kengligi* deyiladi. Nuqtaning geografik kengligi φ bilan belgilanadi.

Bosh meridian tekisligi bilan yer sharidagi biror nuqta meridian tekisligi orasidagi hosil bo'lgan burchakka, shu nuqtaning *geografik uzoqligi* deyiladi. Bosh meridian tarzida Grinвич meridiani olinadi. 3.2-shaklda A nuqtaning geografik uzoqligi GOA' burchakga, bu burchak esa ekvatorning G_0A_0 yoyi uzunligiga teng. Nuqtaning geografik uzoqligi λ bilan belgilanadi.

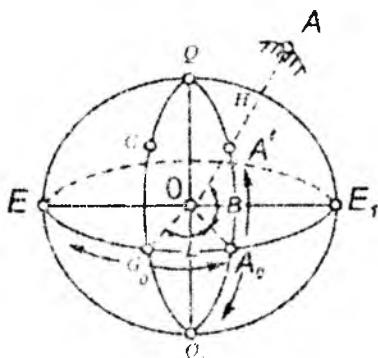
Geografik uzoqlik bosh meridiandan g'arbga va sharqqa tomon ekvator yoki parallel yoyi uzunligi bo'yicha 0° dan 180° gacha o'lchanadi. Bosh meridiandan g'arbda joylashgan nuqtalarning geografik uzoqligi g'arbiy uzoqlik, sharqda joylashgan nuqtalarning uzoqligi esa sharqiy uzoqlik deyiladi.

Geografik kenglik $-\varphi$ va geografik uzoqlik λ avallari ushbu kataliklar astronomik kuzatishlar orqali aniqlanar edi. Hozirgi kunda ular erSY tizimlari yordamida aniqlanishi mumkin.

Geodezik koordinata tizimi. Bu koordinata tizimida nuqta koordinatasi yer ellipsoidining ekvator tekisligi bilan boshlang'ich deb qabul qilingan Grinвич meridian tekisligiga nisbatan aniqlanadi. **Ekvator tekisligi** deb ellipsoid markazi O dan uning aylanish o'qi QQ_1 ga perpendekulyar o'tgan tekislikka aytiladi. Koordinatasi aniqlanayotgan nuqtadan o'tgan normal chiziqda yotuvchi va ellipsoid kichik o'qiga parallel o'tgan tekislikka shu nuqtaning *geodezik meridian tekisligi* deyiladi. London shahri yaqinida joylashgan Grinвич abservatoriyasi markazidan o'tuvchi meridian tekisligi *boshlang'ich meridian tekisligi* deb qabul qilingan. Meridian tekisligi ellipsoid sathini kesishi natijasida hosil bo'lgan chiziqqa *meridian chizig'i* deyiladi.

Yer ellipsoidining biror nuqtasidan uning kichik o'qiga perpendikulyar o'tkazilgan tekislikka *parallel tekisligi* deyiladi. Bu tekislikni ellipsoid yuzasi bilan kesishishidan hosil bo'lgan chiziq *parallel* deb ataladi. Ekvator tekisligini ellipsoid yuzasi bilan kesishishidan hosil bo'lgan chiziq EE_1 ga *ekvator chizig'i* deyiladi.

Yer yuzasida berilgan A nuqtaning geodezik koordinatalari (3.2-shakl) ellipsoid sathiga nisbatan uchta kattalik bilan beriladi: B – geodezik kenglik, L – geodezik uzoqlik va H – geodezik balandlik.



3.2-shakl. Geodezik koordnata larni aniqlash sxemasi

Koordinatasi aniqlanayotgan A nuqtadan ellipsoid sathiga tushirilgan normal bilan ekvator tekisligi orasida hosil bo'lgan B burchakka nuqtaning **geodezik kengligi** deyiladi. Kenglik ekvator tekisligidan shimol va janub tomonga 0^0 dan 90^0 gacha o'lanadi. Nuqta ekvatoridan shimolda bo'lsa shimoliy kenglik, janub tomonda bo'lsa janubiy kenglik deb ataladi. Shimoliy kenglik musbat (+), janubiy kenglik (-) bo'ladi. Kengligi aniqlanayotgan nuqta ekvator tekisligiga nisbatan joylanishiga qarab kenglik qiymatiga shimoliy yoki janubiy deb aytiladi.

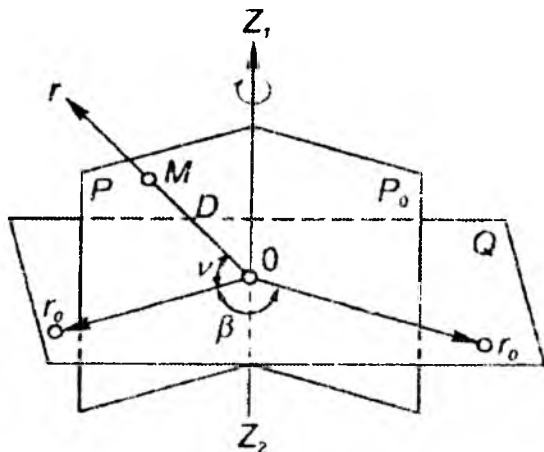
Koordinatasi aniqlanayotgan A nuqtadan o'tgan meridian tekisligi bilan boshlang'ich meridian tekisliklari orasidagi ikki yoqli burchakka nuqtaning **geodezik uzoqligi** deyiladi. Geodezik uzoqlik boshlang'ich meridian tekisligidan boshlab, g'arbga va sharqqa tomon 0^0 dan 90^0 gacha o'lanadi. Nuqta Grinвич meridianidan g'arbda joylashgan bo'lsa, uning uzoqligi g'arbiy (+) musbat, sharqda bo'lsa sharqiy (-) manfiy bo'ladi. Uzoqligi aniqlanayotgan nuqta Grinвич meridian tekisligiga nisbatan joylanishiga qarab uzoqlik sharqiy yoki g'arbiy deb aytiladi.

MDH davlatlari ekvatoridan shimolda va Grinвич meridianidan sharqda joylashgan bo'lganligi uchun bu hududdagi nuqtaning geodezik kengligi oldiga musbat (+) ishora va geodezik uzoqlik oldiga manfiy (-) ishora qo'yilmaydi.

Yerning fizik sathida berilgan nuqtadan o'tgan normal chiziq bo'yicha nuqtadan uni ellipsoid sathidagi proektsiyasigacha bo'lgan AA' masofaga nuqtaning *geodezik balandligi H* deyiladi (3.2. -shakl).

Geografik koordinata tizimi va geodezik koordinata tizimi orasidagi asosiy farq normal chiziq va shovun chizig'i yo'nalishlari orasidagi burchak bilan ko'rsatiladi. Astronomik va geodezik koordinata tizimlari orasidagi farqni oliy geodeziya fanida alohida o'rganiladi.

Fazoviy qutbiy koordinata tizimi. Ushbu tizimni fazviy o'rni quyidagi elementlar orqali hosil bo'ladi (3.3.-shakl):



3.3. shakl. Fazoviy qutbiy koordinata tizimi sxemasi

Q – gorizontaal tekislik;

$Z_1 Z_2$ – shovun chizig'i;

P – vertikal tekislikning joriy holati;

P_0 – vertikal tekislikning boshlang'ich holati;

r – koordinatasi aniqlanuvchi M nuqta orqali o'tiluvchi joriy radius vektor;

r_0 – M nuqta orqali o'tiluvchi radius vektorni gorizontal tekislikdagi boshlang'ich holati;

O – fazoviy koordinata tizimi markazi.

M nuqtaning fazoviy holatini uchta koordinata ifodalaydi:

- P va P_0 tekisliklar orasidagi β gorizontal burchak;
- Gorizontal tekislik va r radius vektori orasidagi vertikal burchak ν ;
- Koordinata markazidan aniqlanuvchi nuqta M gacha bo'lgan r radius vektori yo'nalishidagi qiyalik masofasi D .

Ushbu koordinata tizimi zamonaviy geodezik asboblardan joyning topografik s'ymkasida keng qo'llanadi.⁴

3.2. Yassi koordinata tizimlari

Yassi koordinata tizimlaridan Geodeziyada ko'proq qo'llanadigani to'g'ri burchakli va qutbiy koordinata tizimlaridir. Ulardan yer yuzasidagi kichikroq hududlarni s'ymka qilish va gorizontal tekislik sirtida plan va kartalarni tasvirlashda foydalaniladi. Bu koordinata tizimlari yer sferik ekanligi inobatga olinmasdan, yassi deb olinganda qo'llaniladi.

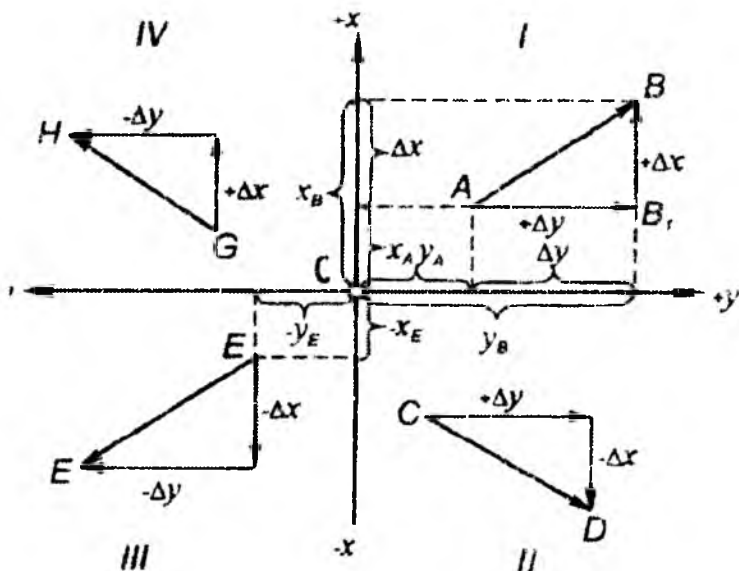
3.3. To'g'ri burchakli yassi koordinata tizimi

To'g'ri burchakli yassi koordinata tizimida nuqtaning holati o'zaro perpendekulyar ikki chiziqning kesishgan nuqtasiga nisbatan aniqlanadi (3.2. shakl). O'zaro perpendekulyar ikki chiziqqa koordinata o'qlari, ularning kesishgan nuqtasiga O-koordinata boshi deyiladi. Matematikada bu koordinata tizimiga Dekart koordinata tizini deyiladi. Vertikal chiziq – ordinata (Y), gorizontal chiziq – abtsissa (X) o'qi deyiladi. Geodeziyada vertikal chiziq – abtsissa (X), gorizontal chiziq – ordinata (Y) deb ataladi. Chunki geodeziyada asosiy yo'nalish deb meridian chizig'i olingan, u to'g'ri burchakli koordinataning vertikal chizig'iga to'g'ri keladi.

⁴ Поклад Л. Г., Гриднев С. Н. Геодезия, М., Академический проспект, 2010

Xorij adabiyotlarida Dekart koordinata tizimi geodezik koordinata tarzida qo'llanadi.⁵⁶

Koordinata o'qlari tekislikni to'rtta chorakka bo'ladi, choraklar soat strelkasi yo'nalishida shimoldan sharq, janub, g'arbga tomon hisoblanadi va o'z navbatida nomlanadi (3.4-shakl).



3.4-shakl. Geodezik to'g'ri burchakli yassi koordinata tizimi

Istalgan nuqtaning koordinata qiymati ushbu nuqtani koordinata boshidan ushbu nuqtani ox va oy o'qlaridagi proektsiyasiga tengdir.

Ikkita nuqtani tutashtiruvchi kesmani ox va oy o'qlaridagi proektsiyasiga **koordinata orttirmalari** deyiladi va ular abtsissa va koordinata o'qlariga mos tarzda Δx va Δy ko'rinishida

⁵ Charles D.Ghilani, Paul R. Wolf, "Elementary Surveying". 2012.

⁶ lu, Z.; qu, Y., Qiao, S. Geodesy: Introduction to Geodetic Datum and Geodetic Systems., "Springer".2014

belgilanadi. Koordinata ortiirmalarining ishoralari ularni qaysi chorakga yo'nalishi bo'yicha musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin (3.4-shakl va 3.1-jadvalga qarang).

To'g'ri burchakli koordinata tizimida ixtiyoriy bir nuqta koordinata boshi qilib olinsa, bunday koordinata tizimiga **shartli (mahalliy) koordinata tizimi** deyiladi. Bunday kordinata tizimi katta hududda bajariladigan geodezik ishlarda juda ham noqulay, sababi qo'shni uchastkadagi geodezik ishlarni yagona holga keltirish qiyinlashadi.

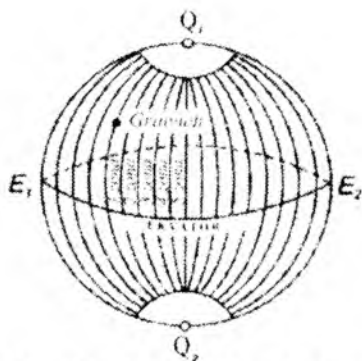
3.1 – jadval

To'g'ri burchakli yassi koordinata choraklarining ishoralari va nomlanishi

Koordinata choraklari	Nomlanishi	koordinata ortiirmalari	
		Δx	Δy
I	SHSHQ	+	+
II	JSHQ	-	+
III	JG'	-	-
IV	SHG'	+	-

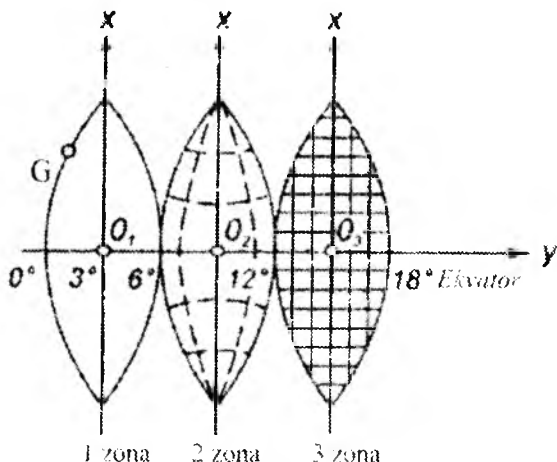
3.3. Gauss-Kryugerning to'g'ri burchakli koordinata tizimi

Bu koordinata proektsiya tizimi 1928-yildan kiritilgan bo'lib, unda yer ellipsoidi boshlang'ich Grinvich meridianidan g'arbdan sharqqa qarab 6° yoki 3° li zonalarga bo'linadi va arab sonlari bilan nomerlanadi (3.5-shakl). Zona bu ikki tomonidan geografik meridian bilan chegaralangan yer ellipsoidining bo'lagi. Bunday bo'laklar soni 6° dan 60 ta yoki 3° 120 ta bo'ladi. Har bir zona nemis olimi K. Gauss tomonidan 1825–1830-yillarda ishlab chiqilgan silindrik proektsiyaga tushirilib tekislikka yoyiladi. Bu proektsiyani to'g'ri burchakli koordinata tizimida qo'llashni 1912-yilda nemis geodezisti L. Kryuger ishlab chiqdi. Shuning uchun zonal sistemali to'g'ri burchakli koordinata **Gauss-Kryuger to'g'ri burchakli koordinata tizimi** deb yuritiladi.



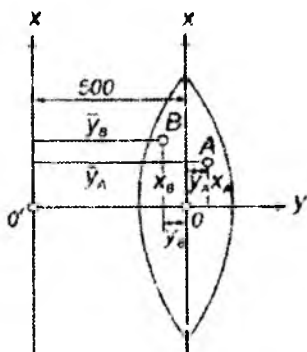
3.5-shakl. Yer ellipsoidini zonalarga bo'linish sxemasi

Zona tekislikka yoyilganda zonani o'rtasidan o'tgan o'q meridiani va unga perpendekulyar o'tgan ekvatorni to'g'ri chiziq tarzida tasvirlanadi. O'q meridiani abtissisa (X), ekvator bo'lagi – ordinata o'qi (Y), o'qlar kesishgan nuqtasi koordinataning boshi deb qabul qilinadi. Shimoliy yarim sharda abtissisalarining ishorasi (+) musbat, janubiy yarim sharda (-) manfiy bo'ladi (3.6-shakl). Ordinata har bir zona o'q meridianidan sharqqa va g'arbga hisoblanadi, o'q meridianidan sharqda joylashgan nuqtalarning ordinalarining ishorasi (+) musbat, g'arbda joylashgan nuqtalarning ishorasi (-) manfiy qiymatga ega bo'ladi.



3.6-shakl. Zonalarni tekislikka yoyilish sxemasi Ortogonal proektsiya

MDH davlatlari shimoliy yarim sharda joylashganligi uchun bu hududdagi barcha nuqtalarning abtsissalari musbat qiymatlidir, lekin ordinatalari manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Hisoblash ishlarida chalkashlik bo'lmasligi uchun har bir zonaning koordinata boshi shartli ravishda 500 km g'arbga suriladi. (3.7-shakl)



3.7-shakl. Zona koordinata boshini shartli ravishda 500 km g'arbga surilish sxemasi

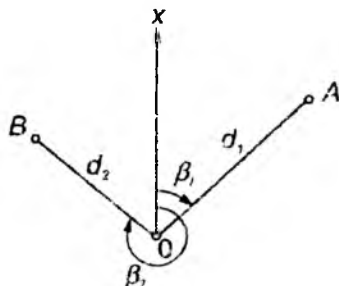
Nuqta qaysi zonadaligini belgilash uchun har bir nuqta ordinata qiymati oldiga shu nuqta joylashgan zonaning nomeri qo'yiladi. Masalan M nuqtaning koordinatasi $X_M = +5740 \text{ km}$, $Y_M = +260 \text{ km}$ bo'lsa, koordinata boshi 500 km g'arbga siljirilgandan so'ng $X_M = +5740 \text{ km}$, $Y_M = +760 \text{ km}$ bo'ladi, ordinata oldiga nuqta joylashgan zona nomerini qo'yib yozsak, M nuqtaning kelirilgan koordinatasi quyidagicha yoziladi $X_M = +5740 \text{ km}$, $Y_M = +12760 \text{ km}$ ordinata oldidagi 12 raqami nuqta joylashgan zona nomerini bildiradi.

3^o li zonalar yirik masshtabdagi topografik planlarni olishda ishlatiladi, bunda masofalarga yer sferikligi ta'siri kamayadi.

3.5. Qutbiy koordinata tizimi

Qutbiy koordinata tizimida vertikal chiziq (oX) qutbiy o'q (3.8-shakl), koordinata boshlanish nuqtasi (O) qutbiy nuqta deb

qabul qilinadi. Qutbiy o'q tarzida istalgan aniq yo'nalish olinishi mumkin (masalan teodolit yo'li tomoni). *koordinata boshlanish nuqtasi* sifatida istalgan aniq nuqta (punkt) olinishi mumkin.



3.8-shakl. Qutbiy koordinata tizimi sxemasi

Aniqlanayotgan A nuqtaning koordinatasi, koordinata boshiga nisbatan nuqtaning joylashishi radius vektor uzunligi d_1 va OX qutbiy o'q bilan radius vektor orasidagi burchak kattaligi β_1 bilan beriladi. B nuqtaning holati radius vektor d_2 qutbiy burchak β_2 orqali ifodalanadi.

Ushbu koordinata tizimi teodolit s'yomkasida, loyihaviy nuqtani joydagi gorizontal tekislikga ko'chirish masalalarida keng qo'llanadi.

Nazorat savollari:

1. Qanday fazoviy koordinata tizimlari mavjud?
2. Geografik kenglik va uzoqlik ta'rifini bering.
3. Geodezik kenglik va uzoqlik ta'rifini bering.
4. Geografik koordinatani geodezik koordinatadan ta'rifidagi farqini ayting.
5. Yassi koordinatalarini ayting. Ularning har birini tavsiflab bering.
6. Gauss – Kryugerning to'g'ri burchakli koordinata tizimi-ni boshqa yassi koordinatalardan afzalliklarini aytib bering.
7. Qutbiy koordinata tizimi nima va u qacda qo'llanishi mumkin.

4. GEODEZIK ORIENTIRLASH

4.1. Geodezik orientirlash tushunchasi

Boshlang'ich deb qabul qilingan yo'nalishga nisbatan joydagi yo'nalishni aniqlashga **orientirlash deyiladi**. Boshlang'ich deb qabul qilingan yo'nalish bilan orientirlanayotgan joydagi yo'nalish orasidagi burchakka **orientirlash burchagi deyiladi**.

Geodezik orientirlashda boshlang'ich yo'nalish sifatida meridian yo'nalishi, joydagi yo'nalish sifatida esa tafsilotdagi xarakterli nuqtaga bo'lgan yo'nalishi olinadi. Orientirlashda boshlang'ich yo'nalish qilib *haqiqiy meridian*, *magnit meridian* va *o'q meridianiga* parallel bo'lgan (zonal to'g'ri burchakli koordinata sistemasining X o'qiga parallel) *yo'nalishlar* olinadi.

Orientirlash burchagi 0^0 dan 360^0 gacha bo'lgan kattalikni olish mumkin. Qaysi meridiandan orientirlanayotganiga qarab orientirlash burchaklari turlicha nomlanadi: *haqiqiy azimut*, *magnit azimuti* va *direksion burchak*.

4.2. Haqiqiy meridian va magnit meridianga nisbatan orientirlash

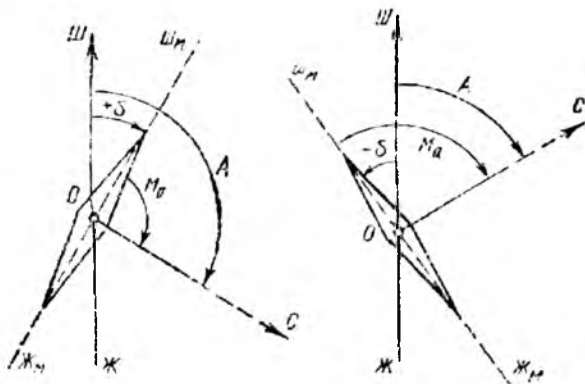
Joydagi haqiqiy meridian yo'nalishi maxsus astronomik kuzatishlar orqali va maxsus asboblari – girokompas yoki giroteodolitlar yordamida aniqlanishi mumkin.

Haqiqiy (geografik) meridianning shimolidan soat strelkasi yo'nalishida orientirlanayotgan yo'nalishgacha o'lchangan orientirlash burchagi ***haqiqiy azimut (A)*** deyiladi.

Magnit meridiani deb erkin turgan magnit strelkasini uchlaridan o'tuvchi chiziq yo'nalishiga aytiladi. Magnit meridiani yerning shimoliy va janubiy magnit qutblariga yo'naladi.

Magnit meridianning shimolidan soat strelkasi yo'nalishida orientirlanayotgan yo'nalishgacha o'lchangan orientirlash burchagiga ***magnit azimuti (M_a)*** deyiladi. Azimutlar 0^0 dan 360^0 gacha o'lchanishi mumkin.

Haqiqiy azimut bilan magnit azimut bir-biridan δ ga farq qiladi (4.1-shakl). Bu burchakga ***magnit strelkasining og'ish burchagi*** deyiladi.



4.1-shakl. Magnit strelkasining og'ish burchagi

A – OC chizig'ining haqiqiy azimuti; M_a – OC chizig'ining magnit azimuti.

δ – magnit strelkasining og'ish burchagi

Agar magnit meridiani geografik meridiandan sharqqa og'sa – *sharqiy magnit strelkasining og'ish burchagi* deyiladi va ishorasi (+) bo'ladi. Magnit meridiani geografik meridiandan g'arbga og'sa – *g'arbiy magnit strelkasining og'ish burchagi* deyiladi va ishorasi (-); bo'ladi.

Nuqtadagi magnit strelkasining og'ish burchagi qiymatini bilgan holda (4.1) formula orqali yo'nalish magnit azimutidan haqiqiy azimutga o'tish mumkin.

$$A = M_a + \delta \quad (4.1)$$

Yer sirtining turli nuqtalarida magnit strelkasining og'ish burchagi turlicha qiymatga ega bo'lib 0 dan $\pm 25^\circ$ gacha boradi. Masalan Toshkentda $+5.6$, Shuningdek magnit strelkasining og'ish burchagi vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Bu o'zgarish asriy (500 yilda $22,5^\circ$) yillik ($8'$) gacha, sutkalik ($15''$ va undan ko'p) bo'ladi. Bundan tashqari magnit bo'ronlari ta'sirida tasoddiy magnit strelkasining og'ish holati yuzaga kelishi mumkin.

Aytilgan salbiy ta'sirlar natijasida magnit meridianing holati taxminan aniqlanadi va magnit azimutlar orqali aniqlashlar faqat kichik hududlar planini tuzishda qo'llanadi.

4.3. Direktsion burchak

O'q meridianning yoki unga parallel bo'lgan chiziqlarning (to'g'ri burchakli koordinata abtsissa o'qining) shimolidan soat strelkasi yo'nalishida orientirlanayotgan yo'nalishgacha o'lchanadigan gorizontaal burchakka **direktsion burchak** (α) deyiladi. Direktsion burchaklar 0° dan 360° gacha bo'lishi mumkin.

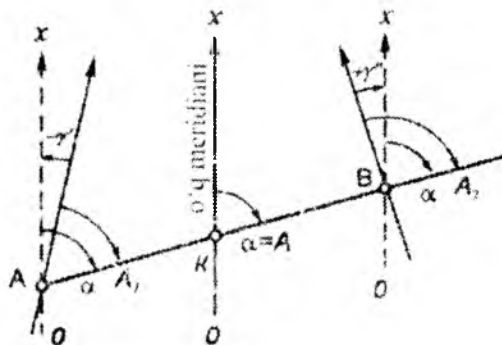
Azimutlardan farqli tarzda istalgan nuqtadagi yo'nalish direktsion burchagining qiymati o'zgarishsiz bo'ladi. Shu sababdan topograf geodezik ishlarni bajarishda chiziqlarni orientirlash direktsion burchaklar yordamida bajariladi.

Ko'pchilik o'lchash va hisoblash ishlarida azimut va direktsion burchak o'rniga rumbdan foydalaniladi.

4.4. Meridianlar yaqinlashish burchagi

Ma'lumki to'g'ri burchakli koordinata zonal tizimida har bir zonani sharqiy yoki g'arbiy chegerasi geografik meridianlardan iborat va ulardan foydalanib yo'nalish haqiqiy azimutini o'lchash mumkin, zonaning o'q meridiani esa obtsissa (ox) bo'lib, yo'nalish direktsion burchagini o'lchash imkoniyatini beradi. Zonaning sharqiy yoki g'arbiy geografik meridianlari zonani shimoliy qismida tutashadi.

4.2.-shakl'da A nuqtasi zonaning o'q meridianning g'arbiy qismida, V nuqtasi esa meridianning sharqiy qismida joylashgan.



4.2.-shakl. Direktsion burchak va haqiqiy azimut orasidagi bog'liqlik

Zonadagi ox o'qi, yoki unga parallel chiziqlar va geografik meridianlar yo'nalishi orasi γ burchakga farqlanadi. Bu burchakga **meridianlar yaqinlashish burchagi** yoki A va B nuqtalarda **meridianlar yaqinlashishi** deyiladi.

ox o'qi yo'nalishi va geografik meridianlar yo'nalishi faqat zonani o'q meridianiga mos keluvchi K nuqtada ustma ust mos keladi (4.2. shakl). Demak K nuqtasida AB chizig'ining direksion burchagi ushbu chiziqning azimutiga teng bo'ladi.

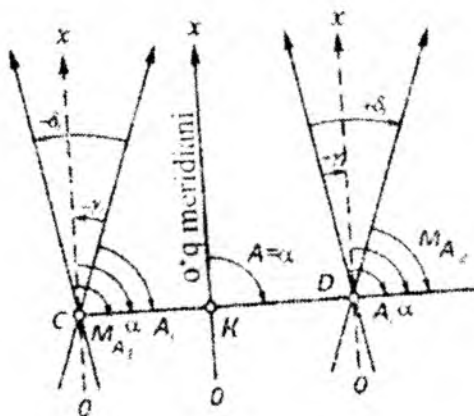
Meridianlar yaqinlashish burchagi geografik meridiandan boshlab hisoblanadi.

Agar zonaning o'q meridianiga paralel chiziq (obtsissa) geografik meridiandan sharqga og'sa – *sharqiy meridianlar yaqinlashish burchagi* deyiladi va ishorasi (+) bo'ladi. Zonaning o'q meridianiga paralel chiziq (obtsissa) geografik meridiandan g'arbga og'sa – *g'arbiy meridianlar yaqinlashish burchagi* deyiladi va ishorasi (–) bo'ladi.

$$\gamma = \Delta\lambda \sin\varphi, \quad (4.2)$$

bunda $\Delta\lambda$ A va B nuqtalarning uzoqliklari farqi.

4.5. Yo'nalish orientirlash burchaklari orasidagi bog'lanish



4.3-shakl. Yo'nalish orientirlash burchaklari orasidagi bog'lanish

4.3-shaklda CD yo'nalish haqiqiy azimuti C nuqtasida $-A_1$, D nuqtasida $-A_2$; shu yo'nalish direksion burchagi $-\alpha$; agar, γ meridianlar yaqinlashish burchagi bo'lsa, u holda

$$A = \alpha \pm \gamma \quad (4.3).$$

Agar CD yo'nalish azimuti A , shu yo'nalishning magnit azimuti M_A , magnit streikasining og'ishi δ bo'lsa, unda

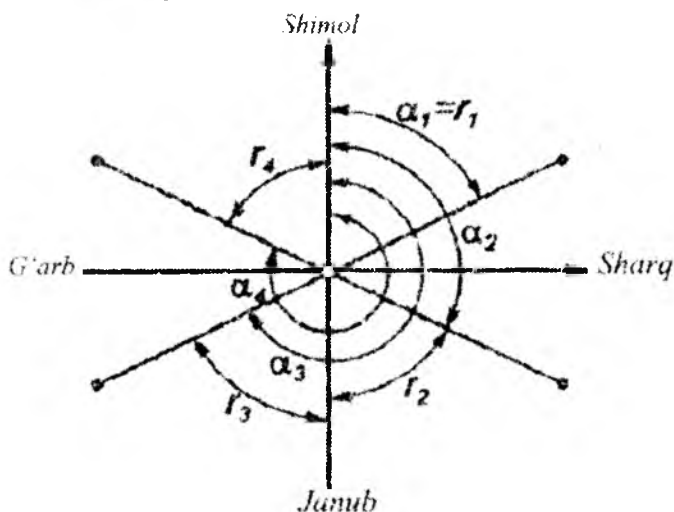
$$A = M_A \pm \delta. \quad (4.4)$$

(4.3) va (4.4) formulalari asosida direksion burchak va magnit azimuti orasidagi bog'lanishini yozishimiz mumkin:

$$\begin{aligned} \alpha + \gamma &= M_A + \delta \text{ yoki} \\ \alpha &= M_A + \delta - \gamma. \end{aligned} \quad (4.5)$$

4.6. Rumblar

Rumb – meridianning shimoliy yoki janubiy tomoni bilan chiziqli yo'nalishi orasidagi burchak bo'lib, u 0° dan 90° gacha hisoblanadi. Rumb magnit meridianidan boshlanib hisoblansa – *magnit rumbi*, geografik meridiandan boshlab hisoblansa – *haqiqiy rumb*, abstsissa o'qidan boshlab hisoblanganda esa – *direksion rumb* deyiladi.



4.4. shakl. Rumblar va direksion burchaklar orasidagi munosabat sxemasi

Rumb shimol va janubdan sharq va g'arbga tomon 0° dan 90° gacha hisoblanishi sababli, uning qaysi chorakda ekanligini ifodalash uchun rumb qiymatiga yo'nalish joylashgan chorak nomi qo'shib aytiladi. Agar yo'nalish birinchi chorakda bo'lsa, rumb nomi shimoli-sharqiy (SHShq), ikkinchi chorakda bo'lsa, - janubi-sharqiy (JShq), uchinchi chorakda bo'lganda, janubi-g'arbiy (JG'), to'rtinchi chorakda bo'lganda shimoli-g'arbiy (SHG') deyiladi.

Xorij adabiyotlarida rumb burchagi ingliz tilida «bearing» yoki «bearing angles» iboralari bilan ifodalanadi.⁷

4.7. Rumb va orientirlash burchaklari orasidagi munosabat

Yo'nalishning direktsion burchagi ma'lum bo'lganda rumbini, rumbi ma'lum bo'lganda esa direktsion burchagini topish mumkin. Masalan 4.4-shaklda direktsion burchak bilan rumbning bir-biriga munosabati berilgan.

4.1-jadval

Rumb va direktsion burchaklari orasidagi bog'lanish

Choraklar №	Direktsion burchakni o'zgarish intervali	rumb va direktsion burchak orasidagi bog'lanish		Koordinata o'rtirlmalarining ishoralari	
		Rumb nomi va qiymati	Direktsion burchak qiymati	ΔX	ΔY
I	$0^\circ - 90^\circ$	SHSHQ: $r = \alpha$	$\alpha = r$	+	+
II	$90^\circ - 180^\circ$	JSHQ: $r = 180^\circ - \alpha$	$\alpha = 180^\circ - r$	-	+
III	$180^\circ - 270^\circ$	JG': $r = \alpha - 180^\circ$	$\alpha = r + 180^\circ$	-	-
IV	$270^\circ - 360^\circ$	SHG': $r = 360^\circ - \alpha$	$\alpha = 360^\circ - r$	+	-

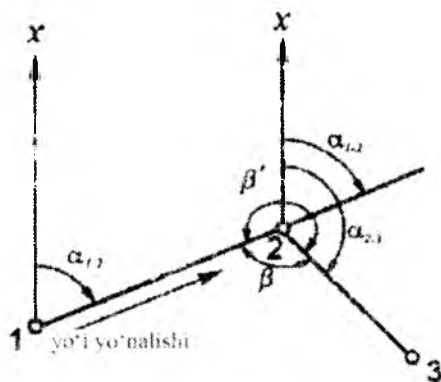
⁷ Charles D.Ghilani, Paul R. Wolf. "Elementary Surveying". 2012.

Yo'nalishlarning direktsion burchaklari ma'lum bo'lganda bu shakldan foydalanib rumbni aniqlash mumkin.

Yo'nalishning azimuti ma'lum bo'lganda uning rumbini, rumbi ma'lum bo'lganda esa azimutini shu formulalar yordamida aniqlash mumkin. Bunda formulalardagi direktsion burchak (α) o'rniga azimut (A) qo'yiladi, xalos.

4.8. Direktsion burchaklar va gorizontal burchak orasidagi bog'lanish

Ko'p geodezik ishlarda ikkita yo'nalish orasidagi gorizontal burchak qiymatidan foydalanib yo'nalishlarning direktsion burchaklarini aniqlash masalalarini yechishga to'g'ri keladi.



4.5-shakl. Direktsion burchak va gorizontal burchak orasidagi bog'lanish sxemasi

Bunda gorizontal burchaklar geodezik yo'lining yo'nalishi bo'yicha yo'lni o'ng tomonida yoki chap tomonida bo'lishi mumkin. 4.5 shakldagi 1-2 va 2-3 chiziq yo'nalishlari o'zaro gorizontal o'ng burchak β va chap burchak β' ni tashkil etadi. Agar 1-2 tomon yo'nalishini direktsion burchagi α_{1-2} va gorizontal o'ng burchak β_2 qiymati aniq bo'lsa, yo'lining navbatdagi 2-3 tomon yo'nalishini direktsion burchagi α_{2-3} hisoblanishi mumkin:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ - \beta_2. \quad (4.6).$$

Agar gorizontal chap burchak β_2 ni qiymati aniq bo'lsa, yo'lining navbatdagi 2-3 tomon yo'nalishini direktsion burchagi α_{2-3} (4.7) formulasi bilan hisoblanishi mumkin:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ + \beta_2. \quad (4.7).$$

(4.6) va (4.7) formulalari asosida quyidagi umumiy formulalarni yozish mumkin

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} \pm 180^\circ - \beta_{o'ng}. \quad (4.8).$$

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} \pm 180^\circ + \beta_{chap}. \quad (4.9)$$

Yo'nalishlarning direktsion burchaklarini qiymatidan foydalanib ikkita yo'nalish orasidagi gorizontal burchak aniqlash masalalarini ham yechish mumkin.

Masalan 4.5 shaklda α_{1-2} va α_{2-3} direktsion burchaklarining qiymatidan foydalanib ikkita yo'nalish orasidagi chap yoki o'ng gorizontal burchak qiymatlarini aniqlash mumkin.

(4.6) asosida

$$\beta_2 = (\alpha_{2-3} + 180^\circ) - \alpha_{1-2}. \quad (4.10)$$

(4.7) asosida

$$\beta_2 = (\alpha_{2-3} - \alpha_{1-2}) + 180^\circ \quad (4.11)$$

4.9. To'g'ri va teskari geodezik masalalar

Geodezik ishlarda turli xil hisoblashlarni bajarishga to'g'ri keladi. Geodezik yassi to'g'ri burchakli koordinatalar bilan bog'liq bo'lgan hisoblashlarda *to'g'ri va teskari geodezik masala* shartlarini bajarishga to'g'ri keladi.

To'g'ri masalani mohiyati quyidagicha: joydagi 1 nuqtaning x_1, y_1 koordinatalari ma'lum bo'lsin. 2-nuqtaning x_2, y_2 koordinatalarini topish talab etiladi.

4.6-shakldagi to'g'ri burchakli koordinata o'qlari asosida:

$$\begin{cases} x_2 = x_1 + \Delta x \\ y_2 = y_1 + \Delta y \end{cases} \quad (4.12)$$

1 va 2 nuqtalar orqali koordinata o'qlariga parralel chiziqlar o'tkazish orqali 1-2-2 to'g'ri burchakli uchburchak hosil bo'ladi. Ushbu uchburchag gipotenuzasi d_{1-2} o'tkir burchagi $r = \alpha_{1-2}$ bo'ladi.

To'g'ri burchakli uchburchakdan quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$\begin{cases} \Delta x = d \cdot \cos \alpha = d \cdot \cos r \\ \Delta y = d \cdot \sin \alpha = d \cdot \sin r \end{cases} \quad (4.13)$$

dan yozishimiz mumkin:

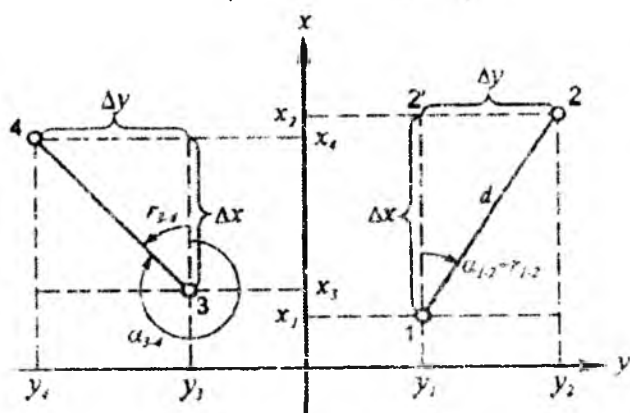
$$\begin{cases} \Delta x = d \cdot \cos \alpha = d \cdot \cos r \\ \Delta y = d \cdot \sin \alpha = d \cdot \sin r \end{cases} \quad (4.14)$$

Demak,

$$\begin{cases} x_2 = x_1 + d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} \\ y_2 = y_1 + d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} \end{cases} \quad (4.15)$$

(4.14) asosida aniqlangan koordinata orttirmalarini nazorat qilish uchun (4.16) ifodadan foydalanamiz.

$$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = d_{AB}. \quad (4.16)$$



4.6-shakl. To'g'ri va teskari geodezik masalalar.

Teskari masala. 3 va 4 nuqtalarning (x_3, y_3) va (x_4, y_4) koordinatalaridan foydalanib, nuqtalar orasidagi masofaning gorizontaal proektsiyasi va direktsion burchagini topish talab etiladi (4.5-shakl).

(4.12) formula asosida

$$\begin{cases} x_4 - x_3 = \Delta x \\ y_4 - y_3 = \Delta y \end{cases} \quad (4.17)$$

(4.13) formuladagi ikkinchi qatoni birinchi qatorga bo'lish orqali quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\tan r = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (4.18)$$

Va bu asosida $r = \arctan r$

$$r = \arctan r \left[\frac{\Delta y}{\Delta x} \right] \quad (4.19)$$

Agar $\Delta x+$, $\Delta u+$ ishoraga ega bo'lsa, $\alpha = r$.

Agar $\Delta x-$, $\Delta u+$ ishoraga ega bo'lsa, $\alpha = 180^\circ - r$.

Agar $\Delta x-$, $\Delta u-$ ishoraga ega bo'lsa, $\alpha = 180^\circ + r$.

Agar $\Delta x+$, $\Delta u-$ ishoraga ega bo'lsa, $\alpha = 360^\circ - r$.

4.14 formuladan

$$d = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha}, \quad (4.20)$$

Pifagor teoremasidan foydalanib hisoblangan natijani tekshirish mumkin.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (4.21).$$

Nazorat savollari:

1. Joydagi chiziqni (yo'nalishni) orientirlash deganda nimani tushunasiz?

2. Haqiqiy meridian va magnit meridianga ta'rif bering.

3. Direktsion burchakni ta'riflab bering.

4. Rumb deganda nimani tushinasiz, chizib, tushuntirib bering.

5. Direktsion va rumb burchaklari orasidagi bog'lanish formula-larini yozing.

6. Meridianlar yaqinlashishini tushuntirib bering.

7. Magnit strelkasining og'ishini tushuntirib bering.

8. Meridianlar yaqinlashish qiymati qanday topiladi?

9. Tomonlar direktsion burchaklari berilgan bo'lsa, bu tomonlar orasidagi gorizontal burchak qanday hisoblanadi?

10. Direktsion va gorizontal burchaklar orasidagi bog'lanishni tushuntirib bering.

11. To'g'ri geodezik masalaning mohiyatini tushuntirib bering.

12. Δx va Δy koordinata orttirmalarining ishorasi va rumb orasida qanday bog'liqlik bor?

13. Teskari geodezik masalaning mohiyatini tushuntirib bering.

14. Teskari geodezik masalada aniqlangan tomon uzunligi qiymati qanday nazorat qilinadi?

5. KARTA, PLAN VA PROFIL

5.1. Karta, plan va profil tushunchasi

Topograf geodezik ishlarining asosiy yakuniy mahsuloti yer ustki qismining chizmasidir. Bunday chizmalar ma'lum bir texnik qoida va talab me'yorlari asosida tuziladi. karta, *plan* va *profil* (*qirg'ini*) shunday chizmadir.

Plan bu yer yuzasini kichik qismini tekislikdagi gorizontal proektsiyasini qog'ozdagi kichraytirilgan o'xshash tasviridir.

Planda yer sirtining egrilik ta'siri inobatga olinmaydi. Planda joydagi chiziqlarning uzunligi, obyektlar konturlarining maydoni va yo'nalishlar orasidagi burchaklar o'zgarmaydi. Planning masshtabi uning hamma qismida bir xil bo'ladi. Plan shartli yoki mahalliy to'g'ri burchakli koordinata tizimsida ham chizilishi mumkin.

Joy tafsiloti deb joydagi konturlar va qo'zg'almas mahalliy predmetlar yig'indisiga aytiladi. Plandagi tafsilot bu joydagi alohida predmetlarni va konturlarni gorizontal proektsiyasidir. Geodeziyada ko'p xollarda «planli s'yonka» atamasi «tafsilot s'yonikasi» tushunchasini anglatadi.

Relief deb yer sirtidagi tabiiy jarayonlar ta'sirida yuzaga kelgan notekisliklar yig'indisiga aytiladi.

Agarda planda faqat joydagi tafsilot tasvirlangan bo'lsa, bunday planga **tafsilotli yoki konturli plan** deyiladi. Planda joydagi tafsilotidan tashqari joy reliefi tasvirlangan bo'lsa, bunday plan-topografik plan deb ataladi.

Shaklari cho'ziq turli inshootlar (yo'llar, kanallar, yerosti va havodan o'tadigan kommunikatsiyalar va shunga o'xshashlar)ni loyihalash uchun inshootning o'qi bo'ylab yer yuzasidagi nuqtalarning nisbiy balandligi to'g'risida to'liq ma'lumotlarga ega bo'lish zarur bo'ladi. Ushbu maqsadda bajarilgan geodezik ishlar natijasida joyning berilgan ma'lum yo'nalishida kichraytirilgan vertikal kesimi tuziladi. Bunday chiznaga **profil** deyiladi.

Profilda relief ifodali tasvirlanishi uchun uning vertikal masshtabi gorizontal masshtabga nisbatan 10 yoki 20-karra yirik qilib olinadi.

Plan va profil asosan injenerlik inshootlarini loyihalash va qurishda asosiy boshlang'ich hujjat sifatida xizmat qiladi. Planlar qo'yidagi masshtablarda bo'ladi: 1:500, 1:1000, 1:2000 va 1:5000.

Butun yer sirtining yoki uning ayrim katta qismining sferik yuzaga tushirilgan kartografik proektsiyasini qog'ozdagi kichraytirilgan o'xshash tasviriga **karta** deyiladi.

Kartada chiziq uzunligi, obyektlar konturlarining maydoni, yo'nalishlar orasidagi burchaklarda ma'lum o'zgarishlar bo'ladi. Karta o'rtasidan (o'q meridianidan) uzoqlashgan sari masshtab o'zgarishi ortib boradi, ya'ni masshtab kattalashadi. Bu kamchiliklar kartografik proektsiyani tanlash va tuzatmalar kiritish yo'li bilan ma'lum darajada bartaraf etiladi. Plan singari kartalar ham tafsilotli (konturli) va topografik bo'ladi.

Kartalar masshtabiga bog'liq holda shartli ravishda: 1:10000 dan 1:100000 gacha — **yirik masshtabli** kartalar deyiladi; 1:200000 dan 1:1000000 gacha bo'lganlari **o'rta masshtabli** kartalar va 1:1000000 dan kichik masshtabdagi kartalar **mayda masshtabli** kartalar deyiladi.

Masshtabi 1:100000 dan mayda kartalarga **obzor kartalar**, masshtabi 1:200000 dan 1:1000000 gacha bo'lganlariga esa **obzor-topografik kartalar** deyiladi.

Karta tuzishda birinchi navbatda meridianlar va parallellar bilan chegaralangan kartografik to'r quriladi. Bundan tashqari karta abstsissa va ordinata o'qlariga parallel bo'lgan buzun songa karrali bo'lgan kilometr to'ri bilan to'ldiriladi, to'rlarning burchak uchlari koordinataga ega bo'ladi.

5.2. Masshtab turlari

Karta plan va profil joyda o'lchangan gorizontaal, vertikal uzunliklarni bir necha marta kichraytirib qog'ozga tushirish orqali tuziladi. Uzunlikni kichraytirib yoki kattalashtirib ifodalashga **masshtab** deyiladi.

Plandagi (kartadagi) l kesma uzunligining shu kesmaning joydagi uzunligi L ga bo'lgan nisbati $\frac{l}{L}$ *plan (karta) masshtabi* deyiladi.

Kichraytirish darajasini son, so'z yoki chiziq bilan ifodalash mumkin. Shunga ko'ra masshtablarni uch shaklda ifodalash mumkin: sonli, so'zli va grafik (chiziqli) masshtablar.

Surati bir bulib, maxraji kichraytirish darajasini ko'rsatuvchi oddiy kasr *sonli masshtab* deyiladi. Masalan plandagi kesma uzunligi $l=5\text{sm}$, joydagi uzunligi $L=100\text{m}$ bo'lsa, planning sonli masshtabi $\frac{l}{L} = \frac{5\text{sm}}{100\text{m}} = \frac{5}{10000} = \frac{1}{2000}$ bo'ladi, ya'ni plan chizishda joyda o'lgan chiziq uzunligi 2000-marta kichraytirilib qog'ozga tushiriladi.

Sonli masshtab maxraji kichik son bo'lsa, *yirik masshtab*, katta son bo'lsa *mayda masshtab* deyiladi. Masalan, 1:10 000 masshtab 1:100 000 masshtabga nisbatan yirik, 1:50 000 masshtab esa 1:10 000 masshtabga nisbatan mayda hisoblanadi.

Kichraytirish darajasini ko'rsatuvchi sonli masshtab maxrajini

$$M \text{ desak, } \frac{l}{L} = \frac{1}{M}, \quad (5.1)$$

bo'ladi. Bundan

$$L = M \cdot l \quad (5.2)$$

kelib chiqadi.

Misol: 1: 10 000 masshtabdagi tografik kartadagi l kesma uzunligining qiymati 5,3 sm ga teng. Ushbu kesmaning joydagi uzunligi L ga teng bo'lgan qiymatini hisoblang.

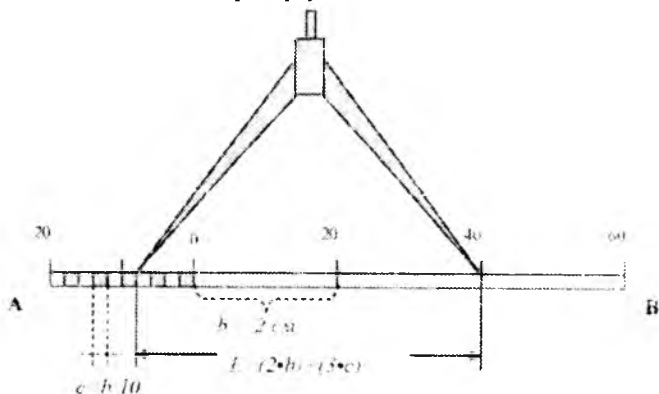
(2) formuladan foydalanib hisoblaymiz

$$L = M l = 10\,000 \cdot 5,3\text{cm} = 53000\text{cm} = 530\text{m}.$$

Topografik kartalar uchun quyidagi standart sonli masshtablar qabul qilingan: 1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

Topografik planlarning asosiy masshtablari esa 1:5000, 1:2000, 1:1000 va 1:500 ni tashkil etadi.

Injenerlik geodeziyasi ishlarida 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 va 1:200 masshtablar ko'proq qo'llanadi.



5.1-shakl. Oddiy chiziqli masshtabda masofa aniqlash.

So'zli masshtab. Chiziq uzunligini joyda metrda, karta va planlarda esa santimetrda o'lchashi tufayli, masshtablarni og'zaki shaklda masalan, «Bir santimetrga 250 metr» deb ifodalash mumkin, u 1:25 000 sonli masshtabga mos bo'ladi.

Masshtab kichraytirish darajasini ko'rsatuvchi qiymat uzunlik birligi bilan ifodalansa, bunday masshtabga **grafik masshtab** deyiladi.

Grafik masshtab chiziqli masshtab va ko'ndalang chiziqli masshtablarga bo'linadi.

Chiziqli masshtabda kichrayish to'g'ri chiziq kesmalari orqali grafik ravishda ifodalanadi. Chiziqli masshtab hisoblashsiz karta va planlarda masofalarni o'lchash yoki tuzishga imkon beradi.

Chiziqli masshtabni qurish uchun AV to'g'ri chiziqda chap uchidan boshlab, teng oraliqda bo'lib chiqiladi. Har bo'lak masshtab asosi deyiladi va b bilan belgilanadi. 2sm tengligidagi masshtab asosi bilan qurilgan chizma oddiy chiziqli masshtab deb ataladi.

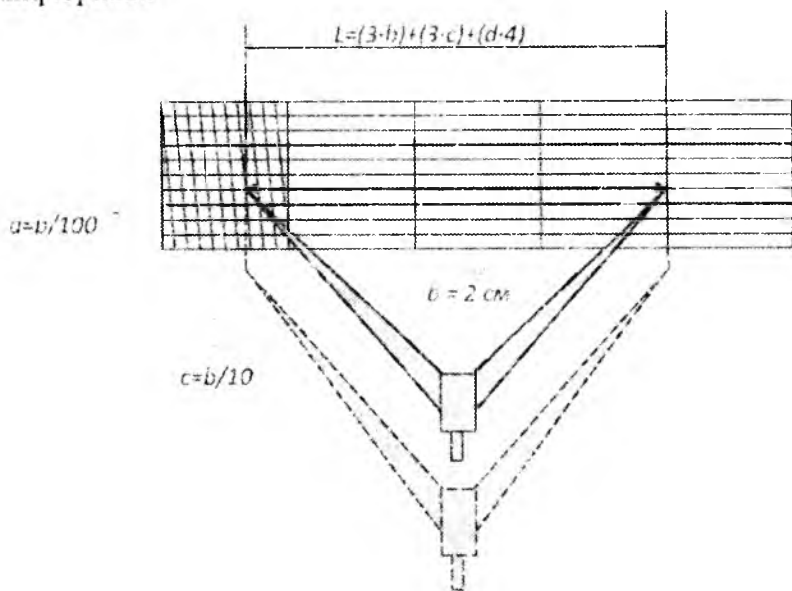
Chapdagi birinchi asos 10 ta teng bo'lakga bo'linadi (5.1-shakl). Asosni o'ndan bir bo'laki, ya'ni $b/10$ eng kichik bo'lak s dir. Ya'ni $b=10 \cdot s$ bo'ladi.

Masalan sonli masshtab 1:1000 bo'lsa, plandagi 1sm joyga 10 metrga teng masofa, 2sm ga esa 20 metr to'g'ri keladi. Bunda $b=20\text{ m}$, $s=b/10=2\text{m}$ bo'ladi.

Chiziqli masshtabda masofa o'lchash uchun o'lchagichning chap oyog'i birinchi bo'lak oralig'iga, o'ng o'yog'i esa butun b qiymatlari yozilgan chiziqli ustiga qo'yiladi. Masofani umumiy qiymati b va s larning yig'indisidan kelib chiqadi.

5.1-shakldagi misolda $L=(2\cdot b)+(3\cdot s)=40+6=46\text{m}$.

Karta va planlarni tuzish va ular bilan ishlash aniqligini oshirish maqsadida bo'lakni 0.01 aniqlikda o'lchash imkonini beradigan **ko'ndalang masshtab** nomogrammasidan foydalaniladi (5.2-shakl). Ko'ndalang masshtab geometriya qoidalariga asoslangan formula bo'yicha yasali, bunda chiziqli uzunliklari aniq topiladi.



5.2-shakl. Ko'ndalang masshtabda masofa aniqlash

Grafik masshtabning katta sm bo'laklari shu masshtabning asosi, kichik mm bulaklari esa masshtabning grafik aniqligi deyiladi.

Masshtab bo'yicha planda ko'rsatish mumkin bo'lgan joydagi eng kichik chiziqli uzunligiga **masshtab aniqligi** deyiladi. Planda lupasiz sog'lom ko'z bilan 0,1 mm kesmani ajratish mumkin. Shunga ko'ra, plandagi $\pm 0,1$ mm garafik aniqlik deb hisoblanadi va joyda bunga to'g'ri keladigan uzunlik masshtab aniqligi deb ataladi. Masshtab aniqligini quyidagi formula bilan ifodalash mumkin

$$t = 0,1 \cdot M, \quad (5.3)$$

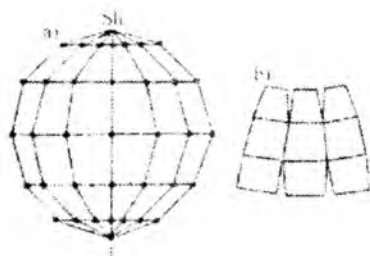
bu yerda M – plan masshtabining maxrajdagi soni.

5.3. Topografik karta va planlarning varaqlarga bo'linishi va nomenklaturasi

Katta hudud topografik kartalari nashr qilish va ishlatishga qulay bo'lishi uchun kichikroq hududni ko'rsatuvchi varaqlarga bo'linadi. Biron bir mamlakat yoki shaharning hududini ko'rsatuvchi karta varaqlari ko'p bo'lib, ularni xar biri meridian va parallellar bilan chegaralanadi. Karta chegarasidagi meridian va parallel uzunliklari karta masshtabiga bog'liqdir.

Bu karta varaqlaridan foydalanish qulay bo'lishi uchun ular ma'lum bir tartibda belgilab chiqiladi, ya'ni ularga nom beriladi. Bir masshtabdagi topografik kartani undan yirikroq masshtabdagi karta varaqlariga bo'lishga *graflash* deyiladi. Bunday bo'lish orqali turli masshtabdagi o'lchamlari taxminan bir xil bo'lgan karta varaqlari olinadi. Topografik kartalarni varaqlarga bo'lish, hamda bu varaqlarni belgilash, ya'ni ularga nom berish tizimiga **nomenklatura** deyiladi.

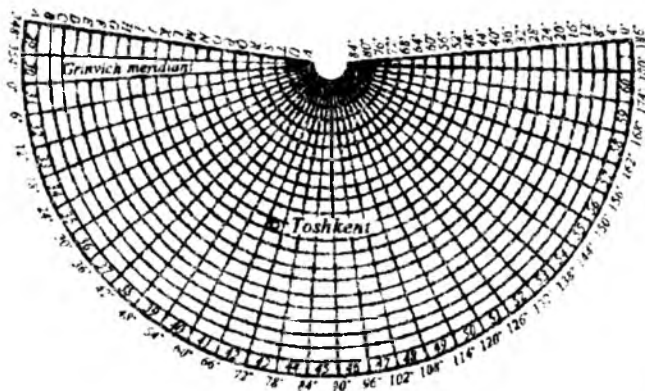
Turli masshtabdagi topografik kartalarni nomenklatura asosi uchun halqaro 1:1000000 masshtabdagi geografik karta asos qilib olingan. Bunday karta varag'ini hosil qilish uchun yer shari 180^0 uzoqlikdagi meridiandan g'arbdan sharqqa meridianlar bilan zonalarga bo'linadi va ekvator tekisligidan shimol va janub tomonga parallellar o'tkaziladi, natijada yer shari trapetsiyalar ya'ni karta varoqlariga bo'linadi.



5.1-shakl. Yer sharini trapetsiyalarga bo'linish (a) va trapetsiyalarni yoyilish sxemasi (b)

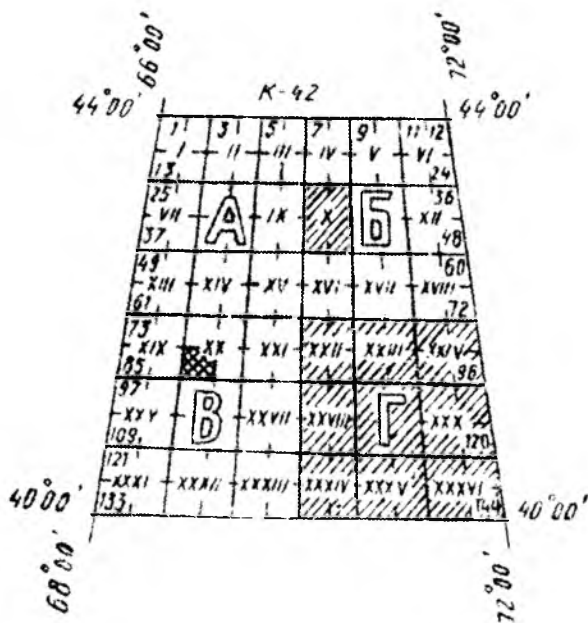
1:1000000 masshtabli karta varag'ining o'lchami meridian bo'yicha 4° va parallel bo'yicha 6° ga teng. Karta varaqlarini **nomenklatura** tizimida nomerlash uchun ekvatoridan qutblarga tomon 4° dan parallel o'tkazilib – **qator**, 180° li meridiandan boshlab 6° dan meridianlar o'tkazilib – **kolonnalar** hosil qilinadi. Shunday yo'l bilan hosil qilingan har bir trapetsiya 1:1000000 masshtabda alohida karta varag'ida tasvirlanadi. Yer shari ikki qutbini inobatga olmaganda 2640 ta 1:1000000 masshtabdagi karta varaqlari (trapetsiyalari) hosil bo'ladi (5.1 shakl). Xar bir trapetsiya ikkita-ya'ni kolonna va qatorlarni belgilanishiga egadir.

5.2-shaklda kolonna va qatorlarni belgilanish sxemasi ko'rsatilgan.



5.2-shakl. Kolonna va qatorlarni belgilanishi

Qatorlar ekvatoridan qutblarga tomon lotin alfavfitining bosh xarflari (A dan Z gacha), kolonnalar esa 180° li meridiandan boshlab I dan 60 gacha arab raqamlari bilan belgilanadi. Shunda 1:1000000 masshtabli karta har bir varag'ining nomenklaturasi qatorni belgilovchi harf va kolonna nomerini ko'rsatuvchi raqamdan iborat bo'ladi. Masalan, Toshkent shahri joylashgan karta varag'i (trapetsiya) ning nomenklaturasi K-42 bo'ladi.



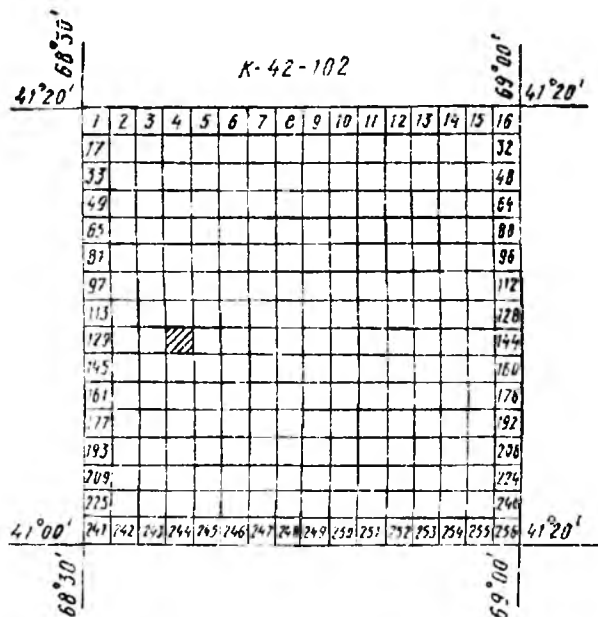
5.3-shakl. 1:1000000 masshtabli karta varag'ini bo'lish orqali 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000 va 1:100 000 masshtabli karta varaqlarini olish sxemasi

1:500000 masshtabi karta varag'ining nomenklaturasini keltirib chiqarish uchun 1:1000000 masshtabli karta varag'ini 4 teng bo'lakka bo'lamiz.

1:200 000 masshtabli karta nomenklaturasini keltirib chiqarish uchun 36 teng bo'lakka bo'lib I dan XXXVI gacha belgilab olamiz.

1:300 000 masshtabli karta varag'ining nomenklaturasini keltirib chiqarish uchun 1:1000000 masshtabli karta varag'ini 9 ta teng bo'lakka bo'lamiz I dan IX gacha belgilab olamiz.

1:100 000 masshtabli karta varag'ini nomenklaturasini keltirib chiqarish uchun, 1:1000000 masshtabli karta varag'ini 144 teng bo'lakka bo'lamiz va 1 dan 144 gacha belgilab olamiz.



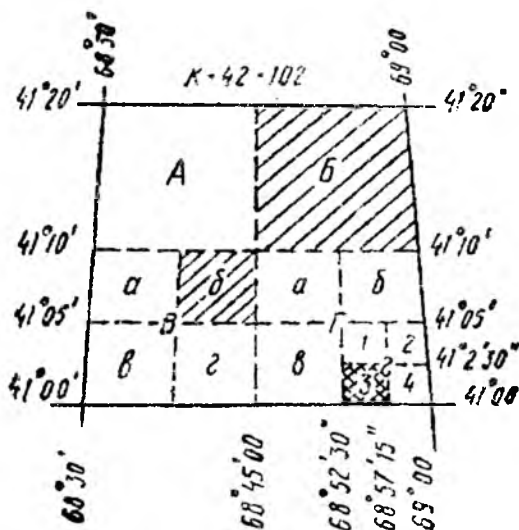
5.4-shakl. 1:1000000 masshtabli karta varag'ini bo'lish orqali 1:100 000 masshtabli karta varaqlarini olish sxemasi

1:100 000 masshtabli topografik kartaning nomenklaturasi barcha yirik mashtabli topografik kartalar va planlarning nomenklaturasi uchun asos qilib olingan.

1:50000 masshtabli karta varag'ini nomenklaturasini keltirib chiqarish uchun 1:100000 masshtabli karta varag'ini 4 ta teng bo'lakka bo'lamiz: (A, B, B, Γ) – K-42-102-B.

1:25000 masshtabli karta varag'ini nomenklaturasini keltirib chiqarish uchun 1:50000 masshtabli karta varag'ini 4 ta teng bo'lakka bo'lamiz; (a, б, в, г) – K-42-102-B-6. 1:10000

masshtabli karta varag'ini nomenklaturasini keltirib chiqarish uchun 1:25000 masshtabli karta varag'ini 4 ta teng bo'lakka bo'lamiz (1, 2, 3, 4) – K-42-102-6-3.



5.5-shakl. 1:100 000 masshtabli karta varag'ini bo'lish orqali 1:50 000, 1:25 000 va 1:10 000 masshtabli karta varaqlarini olish sxemasi

5.1 jadvalda Kartalarni varag'larga bo'linishi va nomenklatura belgilari va varag'ga mos o'lchamlari haqida ma'lumot berilgan.

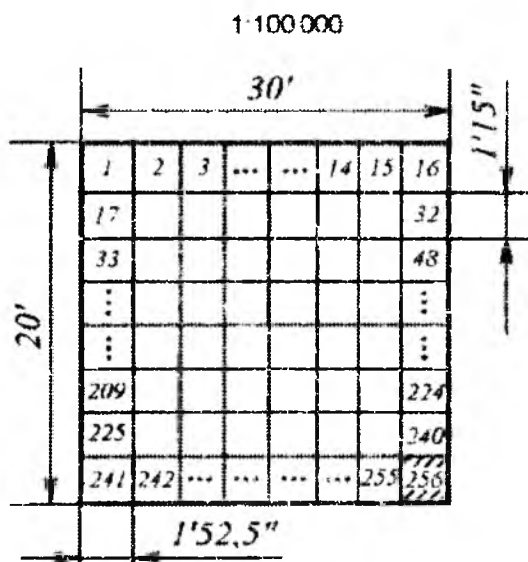
5.1-jadval

Kartalarni varag' o'lchamlari va nomenklaturasini

Karta masshtablari	Karta varag'i ramkasining o'lchami		Karta nomenklatura belgisi
	Kenglik bo'yicha	Uzoqlik bo'yicha	
1:1 000 000 masshtabdagi varaqda			
1:1 000 000	4°	6°	K-42

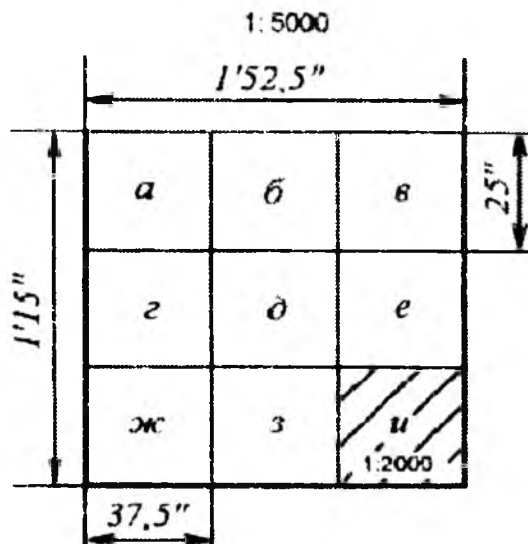
1:500 000	2°	3°	K-42-Г
1:300 000	1°20'	2°	IX- K-42
1:200 000	40'	1°	K-42-XX
1:100 000	20'	30'	K-42-102
1:100 000 masshtabdagi varaqda			
1:50 000	10'	15'	K-42-102-B
1:25 000	5'	1'30"	K-42-102-B-Г
1:10 000	2'30"	3'45"	K-42-102-B-a-3

Nomenklatura tizimi planlar uchun ham o'rinlidir. 1:100000 masshtabli karta varag'ini 256 ta bo'lakga bo'lish va belgilash orqali 1:5000 masshtabdagi plan varaqlari hosil qilinadi (5.2-jadval va 5.6-shakl).



5.6-shakl. 1:100000 masshtabli kartadan 1:5000 masshtabdagi plan varaqlarini olish sxemasi

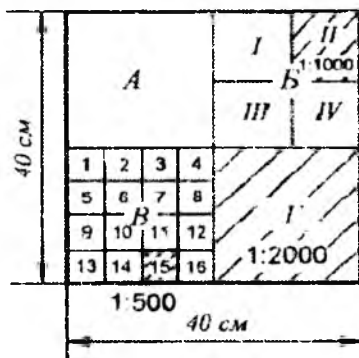
1:5000 lik plan varag'ini 9 ga bo'lish bilan 1:2000 lik plan varag'i hosil qilinadi, rus alifbosidagi kichik harflari bilan belgilanadi (5.2-jadval, 5.7-shakl)



5.7- shakl. 1:5000 masshtabli plandan 1:2000 masshtabdagi plan varaqlarini olish sxemasi

20km² dan kichik bo'lgan maydon topografik planini tuzishda to'g'ri burchakli bo'lish qo'llaniladi. Bunda arab raqamlari bilan belgilangan va o'lchamlari 40x40sm bo'lgan 1:5000 masshtab planshetlari asos qilib olinadi (5.8 shakl). 1:5000 masshtabli planing har bir varag'i to'rt qismga bo'linib, 4ta 1:2000 masshtabli planlar hosil qilinadi va A, Б, В, Г xarflari bilan belgilanadi 1:2000 masshtabli planning har bir varag'iga 4 ta rim raqamlari bilan belgilanuvchi 1:1000 masshtabdagi plan, yoki 16ta arab raqamlari (1,2,3,...,16) bilan belgilanuvchi 1:500 masshtabdagi plan joylashishi mumkin. Bunday bo'lish o'lchamlari 50x50sm bo'lgan 1:2000, 1:1000 va 1:500 bo'lgan planshetlarni hosil bo'lishiga olib keladi.

1 : 5000



5.8 shakl. 1:5000 masshtabli plandan 1:2000, 1:1000 va 1:500 masshtabdagi plan varaqlarini olish sxemasi

Turli masshtabidagi plan varaqlarining nomenklaturasi va o'lchamlari haqidagi ma'lumot 5.2- jadvalda keltirilgan.

Plan varaqlarining nomenklaturasi va o'lchamlari

Masshtab-lari	plan varaqlari- ning soni	plan varag'i ramkasining o'lehami		Varaqlar- ning belgilanishi	Nomenk- laturasi
		Kenglik bo'yicha	Uzoq- lik bo'yi- cha		
1:100000 masshtabdagi karta varag'ini bo'lish orqali hosil qilinadigan plan					
1:5000	256	1 ¹ . 15 ¹¹	1 ¹ 52. 5 ¹¹	1,2,3 ... 256	B-32-133-(256)
1:5000 masshtabdagi karta varag'ini bo'lish orqali hosil qilinadigan plan					
1:2000	9	25	37. 5	a, b, e, e, o, e, e, x, z, u	B-32-133-(256-4)

1:5000 masshtabdagi 40x40 sm plan planshetini bo'lish orqali hosil qilinadigan plan					
1:2000	4	50sm	50sm	A, B, B, F	6-A
1:2000 masshtabdagi 50x50 sm plan planshetini bo'lish orqali hosil qilinadigan plan					
1:1000	4	50sm	50sm	I, II, III, IV	6-B-II
1:500	16	50sm	50sm	1, 2, 3, 4, 5, ..., 16	6-B-15

5.4. Topografik karta va planlarning shartli belgilari

Karta va planlarda ko'rsatilgan obyektlar va ular to'g'risida beriladigan ma'lumotlar karta va planlarning mazmuni bo'lib hisoblanadi. Ushbu ma'lumotni turli obyektlar va ular tavsifini belgilash uchun qo'llanidigan shartli belgilar beradi.

Topografik karta va planlarni tuzishda ishlatiladigan shartli belgilari me'yoriy hujjat tarzida yagona bo'ladi va tuzilayotgan topografik karta va planlarning masshtabidan kelib chiqqan holda tanlanadi.

Alohida obyektlarni shartli belgilari, birinchidan, obyektlar turini (quduq, geodezik punktlar, shosse, botqoq va h.k.) va ayrim tavsiflarini (masalan, quduqning debiti, yo'lning o'tish qismini eni va qoplanishi va h.k.); ikkinchidan, obyektlarni fazoli o'lchamini, planli o'lchamlari va shakllarini aniqlashga imkon beradi.

Topografik karta va planlarda tafsilot masshtabli shartli belgilar, masshtabsiz shartli belgilar va tushuntirish shartli belgi guruhlari orqali ko'rsatiladi.

Masshtabli (konturli) shartli belgilar karta yoki planning masshtabida hududi ko'rsatila olinadigan va konturlar bilan chegaralangan maydonli obyektlar (haydalma yerlar, bog', tokzor, o'tloq, chakalakzor, yaylov va h.k.) ko'rsatiladi. Konturli shartli belgilarni *masshtabli belgilar* deb ham yuritiladi. Obyektlarning konturlari nuqtali punktir yoki ingichka chiziqlar bilan, konturlarning ichi esa, uning mazmunini aks ettiradigan rang va shartli belgilar bilan ko'rsatiladi.

Masshtabsiz shartli belgilar bilan gorizontal proektsiyasi karta yoki planning masshtabida ko'rsatila olmaydigan obyektlar (alohida tungan daraxt, geodezik punkt, buloq, quduk, ko'prik va boshqalar) ko'rsatiladi. Masshtabsiz shartli belgilarni ko'p qismi o'z chizmasi bo'yicha tasvirlanadigan predmet va obyektlarni tashqi ko'rinishini eslatadi, lekin karta bo'yicha ularning haqiqiy o'lchamlarshsh aniqlash mumkin emas. Ko'rsatilayotgan obyektning joydagi o'rni masshtabsiz shartli belgining turli nuqtalariga mos kelishi mumkin. Maslan, geodezik punkt, quduq, zavod, yonilg'i ombori va boshqa to'rtburchak, uchburchak, dira kabi to'g'ri geometrik shaklda tasvirlanadigan obyektlarda – obyektning markazi masshtabsiz shartli belgining markaziga mos keladi: alohida o'sgan daraxt, yo'l va kilometr ko'rsatgichlarini o'rni esa shartli belgisining tagiga to'g'ri keladi.

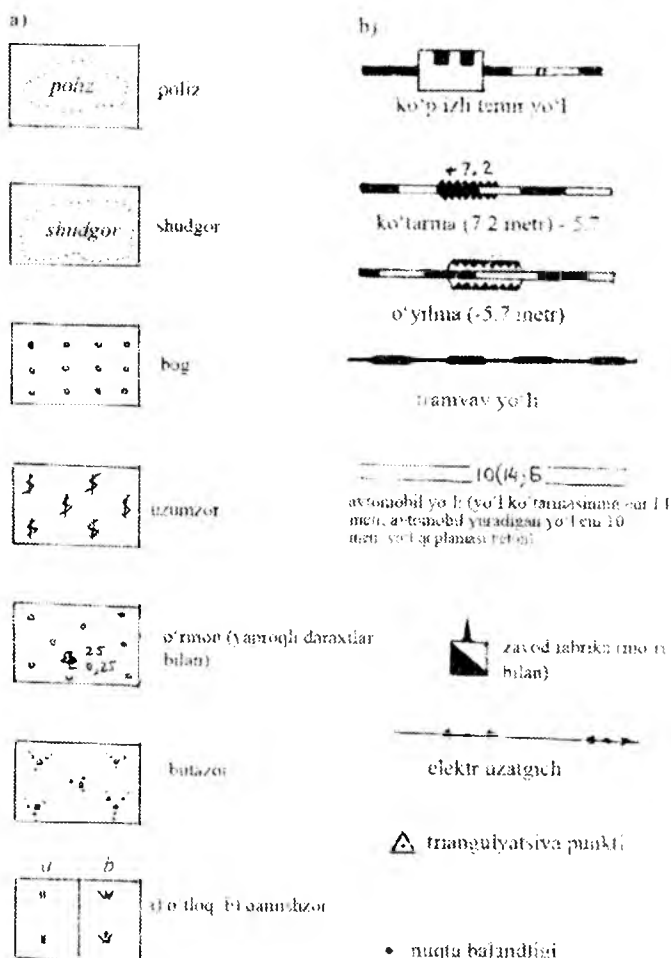
Chiziqli shartli belgilar uzunligi karta yoki planning masshtabida ifodalanadigan, eni esa o'zgarib tasvirlanadigan chiziqli obyekt (yo'l tarmoqlari, kanallar, ariqlar, kichik daryolar, kollektor – zovurlar va boshq.)larni tasvirlash uchun qo'llaniladi. Joydagi ushbu obyektlarning fazoli holati karta yoki plandagi shartli belgining geometrik bo'ylama o'qiga to'g'ri keladi.

Tushuntirish shartli belgilari konturli, chiziqli va masshtabsiz shartli belgilar bilan tasvirlangan obyektlar haqida qo'shimcha ma'lumot berish uchun qo'llanadi. O'rmon konturlari ichida beriladigan – o'rmonning turini ko'rsatuvchi shartli belgi, daryo oqimini ko'rsatuvchi, strelka – tushuntiruvchi shartli belgiga misol bo'la oladi. Shuningdek topografik karta va planlardagi barcha raqam, harf, qisqartirma va to'la yozuvlar ham tushuntirish shartli belgilaridir.

Topografik karta va planlardagi yozuvlar obyektning faqat nomi yoki xarakterinigina bildirmay, ma'lum darajadagi shartli belgi vazifasini ham o'taydi.

Topografik amaliyotda turli masshtabli topografik karta va planlarda shartli belgilarning standart shakllari, o'lchamlari va tuzish usullari qo'llaniladi. Respublikamizda qabul qilingan topografik shartli belgilar maxsus jadvallar ko'rinishida nashr

etilib, topograf geodezik ishlarni olib boradigan barcha muassasa va tashkilotlar uchun me'yoriy hujjat hisoblanadi.



a – masshtabli, b – masshtabsiz shartli belgilar

5.9-shakl. Topografik shartli belgi namunalari

Karta va plan masshtabida ko'rsatib bo'lmaydigan kichik obyektlar, masalan: buloq, quduq, yakka daraxt va boshqalar

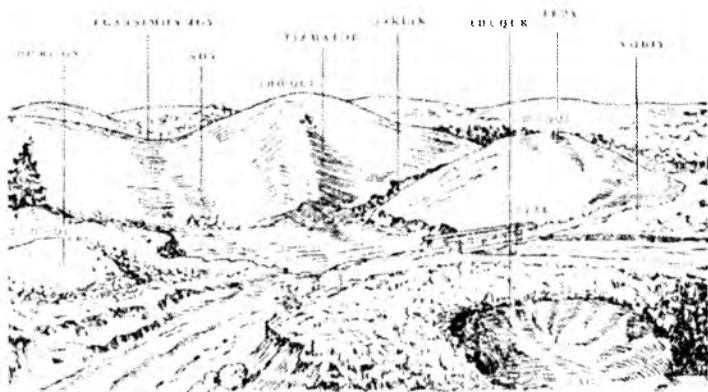
masshtabsiz shartli belgilar bilan tasvirlanadi. Tafsilotlar karta va planda nuqta bilan ko'rsatiladi. Nuqta tafsilot o'rmini, shartli belgi esa uning qanday tafsilot ekanligini ifodalaydi. Masalan doira, kvadrat, uchburchak, to'rtburchak, yulduzcha shaklida tasvirlangan shartli belgining markaziga, yakka daraxt, stolbalar, yo'l va kilometr ko'rsatkichlarining o'rni esa shartli belgining tubiga to'g'ri keladi.

Karta va planning masshtabiga bog'liq ravishda tafsilot masshtabli yoki masshtabsiz shartli belgilar bilan tasvirlanadi.

5.5. Joy relefini karta va planda tasvirlash

5.5.1. Relif turlari

Yer yuzidagi baland-pastliklar relif deyiladi. Joyning relefi balandlik va pastliklarga bo'linadi. Tog', tepa, tizma tor, egarsimon joylar -- balandlikka; chuqurlik, soy, jarlik esa pastlikka kiradi (5.10-shakl).



5.10-shakl. Joydagi relifning asosiy turlari

Relifning asosiy turlarini quyidagicha xarakterlash mumkin.

1. Tog' (tepa) – yuqoriga konus tarzida ko'tarilgan joy bo'lib, uning eng baland nuqtasi cho'qqi. yon tomonlari – qiyalik (yon bag'ir), atrof bilan tutashgan chizig'i–tog' etagi deyiladi.

2. Tizma tog' (alish) – bir tomonga cho'zilib ko'tarilgan yoki pasaygan. joy bo'lib, ikki yon tomoni (yon bag'ri) tikroq

pasayadi, boshqacha aytganda, tizma tog'ida joy bnr nuqtadan uch yo'nalish bo'yicha pasayadi. bir tomonga cho'zilib, ikki yon tomonga tikroq pasayadi. Cho'zilib pasayish yo'nalishining baland nuqtalaridan o'tgan chiziq suv ayriluvchi (suv bo'linuvchi) chiziq deyiladn.

3. Egarsimon joy (bel) -- ikki tor yoki tepaning yonma-yon qo'shilishidan hosil bo'ladi. Egarsimon joyning ikki tomonkidan qarama-qarshi yo'nalishda soy boshlanadi. Ko'pincha, bir soydan ikkinchisiga o'tgan yolg'iz oyoq yo'l egarsimon joy orqali narigi tomondagi soy yo'liga tutashadi, egarsimon joydagi bu yo'l dovon deyiladi.

4. Chuqurlik (kotlovina) – tog'ning aksi bulib, har tomondan o'ralgan pastlik joy, eng chuqur joyiga – tub deb, yon tomonlari qiyalik, qiyaliklarning atrof bilan uchrashgan chizig'i – chuqurlik chekkasi deyiladi.

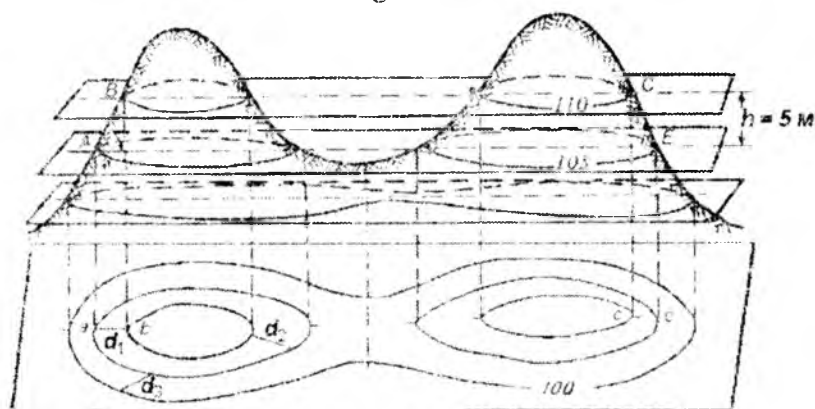
5. Soy -- tizma tog'ning aksi bo'lib, bir nuqtadan uch tomonga ko'tariladi yoki bir uchi ochiq yo'nalish bo'yicha asta pasayadi, lekin ikki yoni tikroq ko'tariladi. Soyning eng past joylaridan o'tgan chiziq suv yig'iluvchi chiziq deyiladi, bu chiziq bo'yicha yog'in suvlari oqadi. Agar soy keng va uzoqqa cho'zilsa, vodiyy deyiladi.

Daryolar vodiyning suv yig'iluvchi chizig'i bo'yicha oqadi. Agar soyda suv yig'iluvchi chiziq nishabligi katta va tuproq yumshoq bo'lsa, sel oqimlari orqali yuvilib, o'piriladi, keyin bu yerda jarlik hosil bo'ladi. Vodiyda tekis maydonchalar uchraydi, ular terrasa deyiladi.

5.5.2. Relefni karta yoki planda gorizontallar bilan tasvirlash

Relief plan yoki kartada bir necha usulda tasvirlanadi. Nuqtalar otmetkalarini yoniga yozish, balandligi qiymatiga qarab turli buyoqlar bilan bo'yash, turli yo'g'onlikda va turli qalinlikda shtrixlar chizish, gorizontallar o'tkazish kabi usullar qo'llaniladi. Topografik plan va kartalarda relief gorizontallar bilan tasvirlanadi. Otmetkasi bir xil nuqtalardar o'tgan egri yoki to'g'ri chiziq gorizontalar deyiladi.

Relief turlarini gorizontallar vositasida yaqqol, 0,5 m va undan kam kesimda aniq tasvirlash mumkin. Gorizontallarning mohiyati 5.11-shaklda ravshan ko'rsatilgan.



5.11-shakl. Gorizontallarni hosil bo'lishi

Tepalik bir-biridan h balandlikda joylashgan bir necha gorizontali tekislik (sathiy yuza)lar bilan kesilgan. Kesishuv nuqtalari B, C, A, va E proektsiyasi gorizontali tekislik P ga tushirilsa, shakldagi konsentrik aylanalarga o'xshash yopiq chiziqlar hosil bo'ladiki, ular joyning h kesimidagi gorizontallaridir. Gorizontali tekisliklar orasidagi h *relief kesim balandligi* deb ataladi. Bir sathiy yuza kesgandagi kesimlarning P dagi gorizontali bir xil otmetkada bo'ladi. Kartadagi gorizontallar orasidagi masofalarga d *gorizontali quyilish* deyiladi.

Relief kesim balandligi qanchalik kichik bo'lsa, relief chizmada shuncha batafsilroq tasvirlanadi. 5.3-jadvalda tuziladigan topografik karta va planlar masshtabi bo'yicha va joy reliefni turiga qarab uni tasvirlash uchun tanlangan relief kesim balandligining qiymatlari keltirilgan.

Relief kesim balandligi ko'rsatgichlari (m)

Joy xarakteri	Se'mka masshtabi				
	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000	1:10 000
Tekislik va past-baland yerlar	0.5	0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-2.5
Tog' va tog' oldida	1.0	1.0	2.0	2.0-5.0	5.0-10.0

Injenerlik masalalarini yechishda gorizontallarning quyidagi asosiy xossalarini esda tutish kerak.

1. Turli otmetkadagi gorizontallar o'zaro kesishmaydi;
2. Plandagi gorizontallar yopiq chiziq bo'ladi yoki plan chetida tugaydi;
3. Ikki qo'shni gorizontallarning balandlik farqi relief kesim balandligi h ga tengdir;
4. Gorizontalgaga perpendikulyar chiziq eng katta nishablikda bo'ladi;
5. Gorizonta quyilish α qanchalik kichik bo'lsa gorizontallar bir-biriga qancha yaqin bo'ladi va joy qiyaligi shuncha tik bo'ladi; gorizontallar bir-biridan uzoq bo'lsa, qiyalik yotiq bo'ladi. Yonma-yon ikki gorizonta orasidagi eng qisqa masofa eng tik joy bo'ladi;

Qiya-yotiq bo'lib, gorizontallar bir-biridan uzoq bo'lib joylarda yarim gorizontallar o'tkaziladi (5.12-shakl). Yarim gorizontallarni qo'shni gorizontallarga nisbatan balandlik farqi relief kesim balandligini yarmiga ya'ni $\frac{h}{2}$ ga tengdir. Ular uzlukli — shtrix chiziqlari bilan ko'rsatiladi.

Reliefni to'g'ri tasvirlash uchun uning xarakterli nuqtalarini bir-biridan ajrata bilish kerak. Masalan, tog' va chuqurlik gorizontallar bilan o'xshash tasvirlanadi, lekin ularni ajratish uchun gorizonta chizig'idan pasayish tomonga qaratib shtrix chiziladi, bu shtrixga bergshtrix deyiladi.

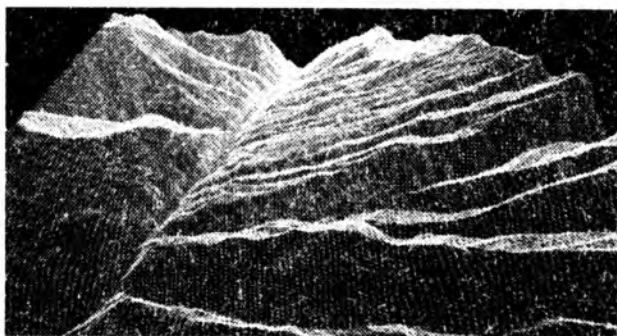


5.12-shakl. Gorizont, yarim gorizontai va bergshtrixlar

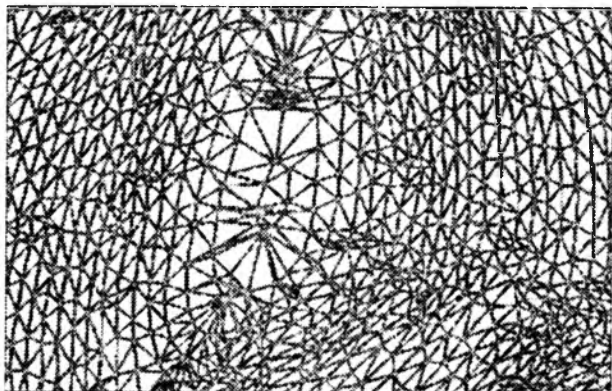
Bergshtrixlar tizma tog' va soylarda ham qo'yiladi, bu – relefni aniqlashga yordam beradi. Tog', tizma tog', chuqurlik soy va ularning xarakterli nuqtalari (cho'qqi, tagi) va chiziqlari (suv ayriluvchi va bo'linuvchi chiziqlar) joyning xarakterli o'rinlari bo'lib, ularni ajrata bilish juda muhimdir.

5.5.3. Joyning raqamli modeli asosida plan tuzish

Kompyuter xotirasida joy to'g'risidagi raqamli ma'lumotlar eng qulay tarzda yer sirti nuqtalarning tekislikda (x,y) fazoda x,y,h kordinatalar to'plami ko'rinishida taqdim etish mumkin. Nuqtalarning bunday to'plami ularning kordinatalari bilan birgalikda joyning raqamli modelini JRM («Digital Terrain Model» -DTM) tashkil etadi. JRM o'zining mazmuniga ko'ra joy konturlari tafsilotining raqamli va relefning raqamli modeli (RRM)ga bo'linadi ("Digital Elevation Model"- DEM). Tafsilotning xamma elementlari, joy predmetlari va konturlari holatini aniqlovchi nuqtalarning kordinatalari X,Y bilan beriladi. Relefning raqamli modeli joyning topografik sirtini tasvirlaydi. U relef xarakterini yetarli darajada tasvirlash uchun yer sirtida tanlangan kordinatalari X,Y,H bo'lgan qandaydir nuqtalar to'plami bilan aniqlanadi. Relef shakllari turlicha bo'lganligi uchun uni raqamli ko'rinishda batafsil tasvirlash anchagina qiyin. Shu sababli yechiladigan masalaga va relef xarakteriga qarab raqamli modeliar tuzishning turli xil usullari qo'llaniladi.



5.13.-shakl. Relefni raqamli modeli



5.14-shakl. TIN to'rida landshaftni tasvirlash

RRM qandaydir *kvadratlar to'ri* yoki joy uchastkasini xamma maydonida bir tekisda joylashgan to'g'ri burchakli uchburchaklar uchlarining kordinata qiymatlari jadvali ko'rinishida bo'lishi mumkin. Uchlar orasidagi masofa relief shakli va yechiladigan masalaga mos ravishda tanlanadi. Model reliefning xarakterli (egilgan, bukilgan) joylarida (suv ayrig'ichlarida, talveglarda va x.k) yoki gorizontallarida joylashgan nuqtalarning kordinatalari jadvali ko'rinishida ham berilishi mumkin.

Joyning raqamli modelini yaratishning turli metod va algoritmlari mavjud (masalan IDW, TIN, Spline , Kriging) ⁸.

⁸ Басаргин А.А. Анализ методов построения цифровой модели рельефа . – Новосибирск, 2006.

Reliefning raqamli modeli kordinatalaridan foydalanib kompyuterdagi maxsus, masalan AvtoCAD, MAPINFO dasturlarida uni batafsilroq ta'riflash, joy uchastkasini berilgan yo'nalishi bo'yicha bo'ylama va ko'ndalang profilini, topografik planini tuzish va ularda xar xil muxandislik masalalarini yechish mumkin.

Nazorat savollari:

1. Masshtab ta'rifini ayting.
2. Qanday masshtabga sonli masshtab deyiladi?
3. Chiziqli, ko'ndalang masshtabdan foydalanishni tushuntirib bering.
4. Masshtab aniqligini tushuntirib bering
5. Karta va plan orasidagi asosiy farqni aytib bering.
6. Qanday plan va kartaga topografik deyiladi?
7. Qanday masshtabdagi karta topografik kartalar va planlar nomenklaturasi uchun asos qilib olingan va u yer sharini qanday bo'lish va belgilash bilan hosil qilinadi?
8. Nomenklatura deganda nimani tushunasiz?
9. Kolonnalar qanday hosil qilinadi va qanday belgilanadi?
10. Qatorlar qanday hosil qilinadi va qanday belgilanadi?
11. 1:100 000 masshtabdagi kartalar nomenklatura belgisi qanday belgilanadi?
12. 1:25 000 masshtablardagi karta varaqlarini hosil bo'lishini tushuntirib bering.
13. 1:1 000 000 masshtabdagi karta varag'ining joylashgan kolonna nomeri qanday hisoblanadi?
14. 1:1 000 000 masshtabdagi karta varag'imag qator nomeri qanday hisoblanadi?
15. Topografik karta va plan nomenklaturasi deganda nimani tushunasiz?
16. 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 masshtablardagi planlarning to'g'ri burchakli nomenklatura varaqlarini hosil bo'lishini tushuntirib bering.
17. Raqamli ma'lumotlar asosida qaysi kompyutir dasturlarini qo'llash mumkin?

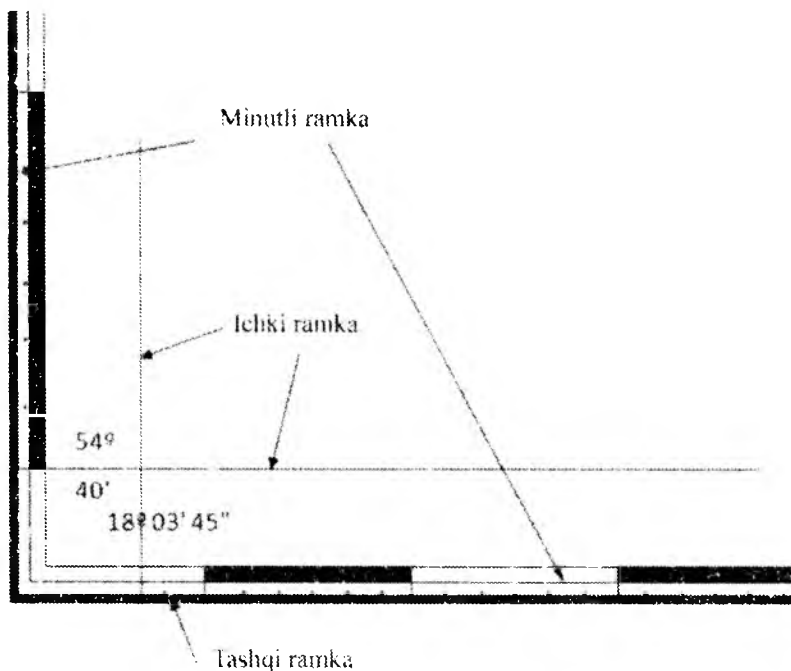
6. TOPOGRAFIK KARTA VA PLANLARDA YECHILADIGAN MASALALAR

6.1. Topografik kartalarning matematik elementlari

Topografik kartalarning ramkasi, to'g'ri burchakli koordinata to'ri hamda ramka tashqarisida beriladigan elementlar topografik kartalarning *matematik elementlari* deyiladi.

Topografik kartalarning har bir varag'i to'rt tomondan bir necha chiziqlar bilan chegaralangan. Har bir varaq topografik kartani chegaralaydigan ana shu chiziqlarga *kartaning ramkasi* deyiladi.

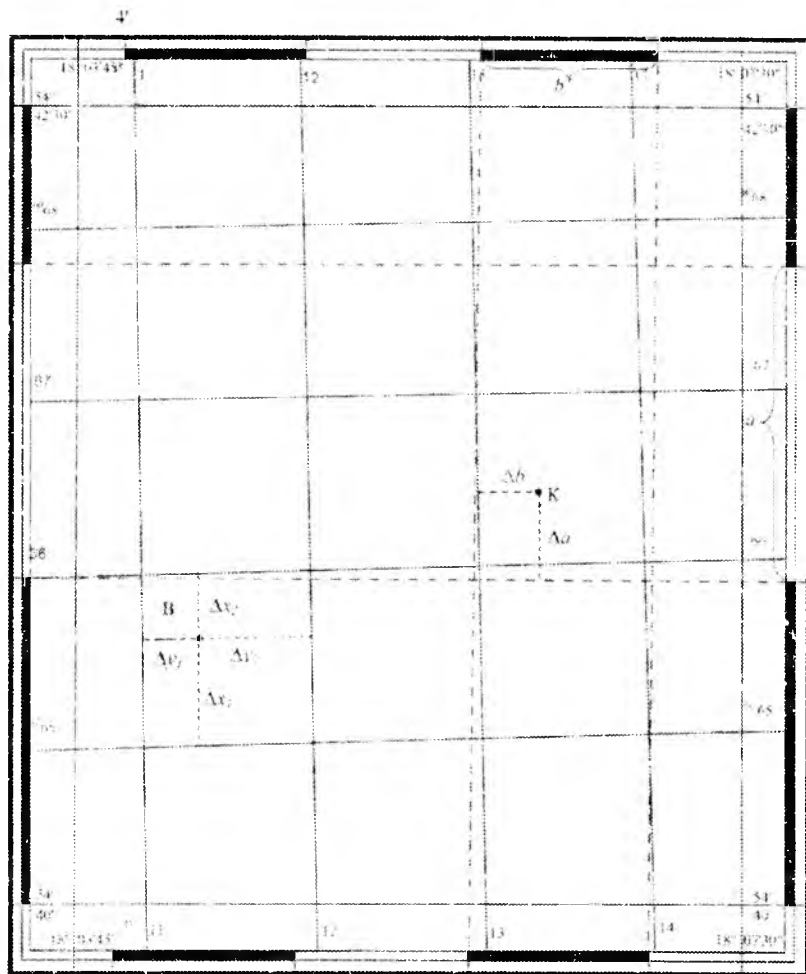
Topografik kartaning tashqi, ichki va minutli ramkasi (6.1-shakl) bo'ladi.



6.1- shakl. 1:25 000 masshtabli topografik kartaning janubiy-g'arbiy burchagining ramkasi

Tashqi ramka deb yo'g'on chiziqdan iborat bo'lib, kartani bezatib turadi karta ramkasiga aytiladi.

Ichki ramka ikki meridian va ikki parallel chiziqdan iborat bo'lib, parallel chiziqlar kartani shimol va janubdagi, meridian chiziqlari esa g'arb va sharqdagi chegarasi hisoblanadi. Topografik kartaning ichki ramkasi – uning kartografik to'ridir.



6.2- shakl. Topografik kartalarning matematik elementlari

Parallel va meridian chiziqlarining kesishgan nuqtalariga, shu nuqtalarning tegishli geografik koordinatalari yozib qo'yilgan. Masalan, 6.2-shaklda, karta ramkasining shimoli-g'arbiy burchagining geografik kengligi – $54^{\circ}42'30''$ va geografik uzoqligi $18^{\circ}03'45''$, shimoli-sharqiy burchagining geografik kengligi $54^{\circ}42'30''$ va geografik uzoqligi $18^{\circ}07'30''$ deb yozilgan.

Minutli ramka tashqi va ichki ramka oralig'iga chizilgan bo'lib, unda har bir minutning uzunligi oq yoki qoraga bo'yab ko'rsatilgan. Minutli ramka shu kartada joylashgan nuqtalarning geografik koordinatalarini aniqlash uchun xizmat qiladi.

Topografik kartada nuqtalarning to'g'ri burchakli koordinatalarini aniqlash uchun to'g'ri burchakli koordinata to'ri ham chizilgan bo'ladi.

To'g'ri burchakli koordinata to'ri o'zaro perpendikulyar chiziqlardan, ya'ni gorizontal chiziqlar ekvatorga, vertikal chiziqlar esa 6° li zonaning o'q meridianiga parallel qilib o'tkazilgan chiziqlardan iboratdir. Topografik kartada bu chiziqlar ma'lum masofadan o'tkaziladi (6.1-jadval).

6.1-jadval

Topografik kartada to'g'ri burchakli koordinata to'rini o'tkazilish masofasi

Karta masshtabi	Koordinata chiziqlari orasidagi masofa	
	kartada (sm hisobida)	joyda (km hisobida)
1:10000	2	2
1:50000	2	1
1:25000	4	1
1:10000	10	1

Topografik kartada to'g'ri burchakli koordinatalar to'ri kvadratlar hosil qilib, bu kvadratlarning tomonlari yer yuzasida kilometrlarga tengdir. Shuning uchun ham bu to'rni *kilometr to'ri* deb ham yuritiladi.

Koordinata chiziqlarining kilometr qiymatlari kartaning minutli va ichki ramkalari orasiga yozilgan bo'ladi. Abstsissa qiymatlari karta ramkasining g'arbiy va sharqiy qismiga, ordinata qiymatlari esa shimoliy va janubiy qismiga yoziladi. Masalan 6.2-shaklda ramkaning janubiy qismiga yaqin gorizonta! chiziqqa 6065-yozilgan. Bu raqam shu chiziq va unda joylashgan nuqtalar ekvatoridan 6065 km shimolda joylashganligini bildiradi. Shu shakldagi birinchi vertikal chiziqqa 4311-yozilgan. Bu raqamlarning birinchisi «4» shu kartaning zona nomerini, qolganlari esa chiziqning shartli ordinasini bildiradi. Abstsissa va ordinata chiziqlari qiymatlarini qayta-qayta yozmaslik uchun keyingi gorizonta! va vertikal chiziqlarda birinchi abstsissa va ordinata qiymatidagi oldingi ikki raqam tushirib qoldiriladi. Shuning uchun birinchi gorizonta! chiziqqa 6065, keyingilarida 60 raqam tushirib qoldirilib, 66, 67 va shu kabilar yozilgan. Xuddi shu kabi birinchi vertikal chiziqqa 4311, keyingilariga esa 12, 13 va boshqalar yozilgan.

Topografik plan varaqlari odatda ikki ramka, ichki va tashqi ramkalar bilan chegaralanadi. Varaqlarni standartli o'lchamlarida (1:5000 masshtab uchun 40x40sm va 1:2000 masshtab uchun 50x50sm) ichki ramkalari to'g'ri burchakli koordinata to'riining detsimetrl! chiziqlari bilan bevosita birlashtiriladi; varaqlarni boshqa o'lchamlarida ichki ramkalar ushbu chiziqlarga parallel chiziladi. Ichki va tashqi ramkalar orasida koordinatalar to'riining abstsissa va ordinata chiziqlarini qiymatlari yoziladi.

Topografik kartadan foydalanishda kerak bo'ladigan ba'zi bir ma'lumotlar uning ramkasidan tashqarida beriladi. Bu ma'lumotlarga *kartaning yordamchi elementlari* deyiladi. Kartaning yordamchi elementlari quyidagilardan iborat:

1. Har bir varak topografik kartaning shimoliy ramkasi tepasida uning nomenklaturasi (masalan Y-41--144-B-5) va qavs ichida shu kartada joylashgan eng katta aholi punktining nomi;

2. Kartaning janubiy ramkasi ostida: a) shu kartada tasvirlangan hududdagi magnit og'ish burchagi ($10^{\circ}30'$) va meridianlar yaqinlashishi burchagi ($1^{\circ}54'$); qavs ichida magnit strelkasining og'ishi va meridianlar yaqinlashishi burchaklarini

qiymati ko'rsatiladi; b) magnit strelkasining og'ishi va meridianlar yaqinlashishi burchaklarining grafigi; v) kartaning sonli, so'z bilan ifodalangan va chiziqli masshtabi; g) asosiy gorizontallarning necha metrdan o'tkazilganligi; d) qiyalik burchagini o'lchash uchun xizmat qiladigan qiyalik burchaklarini aniqlash masshtabi; e) kartaning tuzilgan va nashr etilgan yili hamda kartani nashr etgan tashkilotning nomi va boshqa ma'lumotlar beriladi.

6.2. Topografik kartada o'lchash

Kartadagi ikki nuqta orasidagi masofa uzunligini aniqlashning bir necha xil usullari bor. U yoki bu usullarni qo'llash ushbu nuqtalar orasidagi chiziqni shakliga (to'g'ri chiziq yoki egri chiziq) natijaga bo'lgan talab asosida bo'ladi.

Masofani o'lchash uchun tsirkul-o'lchagich, chizg'ich, sonli karta sonli masshtabi, chiziqli masshtab, ko'ndalang masshtabdan foydalaniladi.

Masofani karta sonli masshtabidan foydalangan holda aniqlash

Surati bir bo'lib, maxraji kichraytirish darajasini ko'rsatuvchi oddiy kasr ***sonli masshtab*** deyiladi.

Kichraytirish darajasini ko'rsatuvchi sonli masshtab maxrajini

$$M \text{ desak, } \frac{l}{L} = \frac{1}{M}, \quad (6.1)$$

yoki

$$L = M \cdot l \quad (6.2)$$

Misol: 1: 10 000 masshtabdagi tografik kartadagi l kesma uzunligining qiymati 5,3 sm ga teng. Ushbu kesmaning joydagi uzunligi L ga teng bo'lgan qiymatini hisoblang.

(6.2) formuladan foydalanib hisoblaymiz

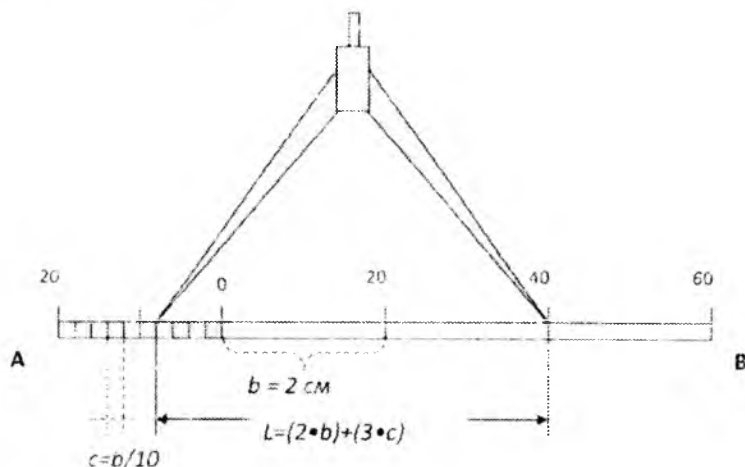
$$L = M l = 10\,000 \cdot 5.3 \text{ cm} = 53000 \text{ sm} = 530 \text{ m}.$$

Masofani karta chiziqli masshtabidan foydalangan holda aniqlash

Chiziqli masshtabda kichrayish to'g'ri chiziq kesmalari orqali grafik ravishda ifodalanadi. Chiziqli masshtab hisoblashsiz karta va planlarda masofalarni o'lchash yoki tuzishga imkon beradi.

Chiziqli masshtabni qurish uchun AV to'g'ri chiziqda chap uchidan boshlab, teng oraliqda bo'lib chiqiladi. Har bo'lak masshtab asosi deyiladi va b bilan belgilanadi. 2sm tengligidagi masshtab asosi bilan qurilgan chizma oddiy chiziqli masshtab deb ataladi.

Chapdagi birinchi asos 10 ta teng bo'lakga bo'linadi (6.3-shakl). Asosni o'ndan bir bo'lagi, ya'ni $b/10$ eng kichik bo'lak c dir. Ya'ni $b=10\cdot c$ bo'ladi.



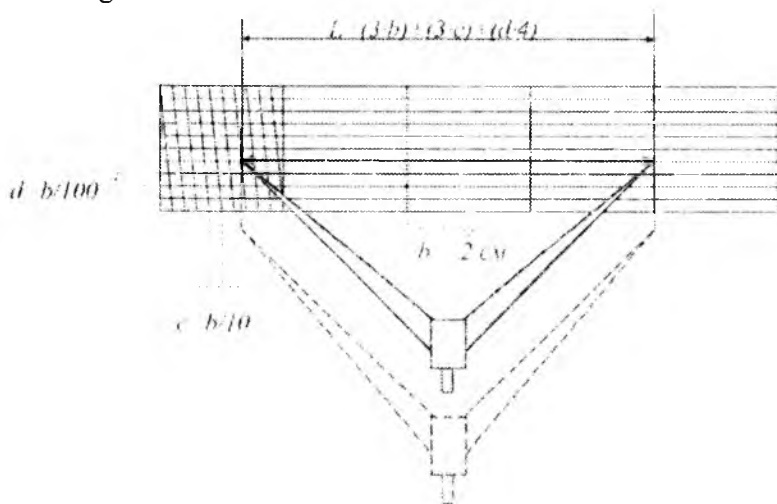
6.3-shakl. Oddiy chiziqli masshtabda masofa aniqlash

Masalan sonli masshtab 1:1000 bo'lsa, plandagi 1sm joyga 10 metr ga teng masofa, 2sm ga esa 20 metr to'g'ri keladi. Bunda $b=20\text{ m}$, $c = b/10 = 2\text{ m}$ bo'ladi.

Chiziqli masshtabda masofa o'lchash uchun o'lchagichning chap oyog'i birinchi bo'lak oralig'iga, o'ng o'yog'i esa butun b qiymatlari yozilgan chiziq ustiga qo'yiladi. Masofani umumiy qiymati b va c larning yig'indisidan kelib chiqadi. 6.3-shakldagi misolda $L=(2\cdot b)+(3\cdot c)=40+6=46\text{ m}$.

Masofani ko'ngdalang masshtabdan foydalangan holda aniqlash

Karta va planlarni tuzish va ular bilan ishlash aniqligini oshirish maqsadida bo'lakni 0.01 aniqlikda o'lchash imkonini beradigan ***ko'ndalang masshtab*** nomogrammasidan foydalaniladi. Ko'ndalang masshtab geometriya qoidalariga asoslangan formula bo'yicha yasilib, bunda chiziqli uzunliklari aniq topiladi. 6.4-shaklda ***ko'ndalang masshtab*** nomogrammasini tuzilishi va undan foydalanish sxemasi ko'rsatilgan.



6.4-shakl. Ko'ndalang masshtabda masofa aniqlash

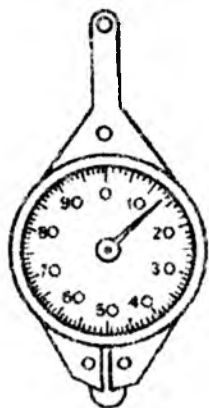
Kartada egri chiziqlarni o'lchash

Kartada egri chiziqlarni o'lchashda tsirkul-o'lchagichning ignalar oralig'ini, chiziqni egriligiga qarab 2, 3, 4 yoki 5mm qilib ochib olamiz, so'ngra tsirkul chiziqli bo'yab boshidan oxirigicha yurgizib chiqiladi (6.5-shakl). O'lchangan barcha kichik bo'laklarning qiymatlari qo'shilsa, chiziqli kartadagi uzunligi kelib chiqadi. Uning joydagi uzunligini topish uchun masshtab maxrajiga ko'paytiriladi.



6.5—shakl. Kartada egri chiziq uzunligini o'lash

Egri chiziq uzunligini kuvrimetr bilan o'lash mumkin. Buning uchun kuvrimetrdan boshlang'ich K_1 sanoq olinadi.



Vertikal holatda ushlanib kuvrimetr g'ildiragi chiziq ustidan yurgizib chiqiladi va chiziq oxirida shkalasidan K_2 sanoq olinadi, sanoqlar farqini karta (plan) masshtabining maxrajiga ko'paytirsak chiziqning joydagi uzunligi millimetrdan kelib chiqadi:

$$S_{AB} = (K_2 - K_1)M,$$

metrda bo'lishi uchun natija 1000ga bo'linishi kerak, ya'ni

$$S_{AB} = (K_2 - K_1)M/1000.$$

6.6-shakl. Kurvimetr ko'rinishi

6.3. Topografik kartadagi yo'nalishning orientirlash burchaklarini aniqlash

Topografik kartada quyidagi masalalar ham yechilishi mumkin:

A. Topografik kartada yo'nalishlarning direksion burchaklarini o'lash,

B. Meridianlar yaqinlashish burchagi yordamida yo'nalishlarning haqiqiy azimutini hisoblash;

C. Magnit strelkasini og'ish burchagi yordamida yo'nalishlarning magnit azimutini hisoblash;

D.O'lcangan direktsion burchaklari asosida yo'nalishlarning rumb qiymatlarini hisoblash.

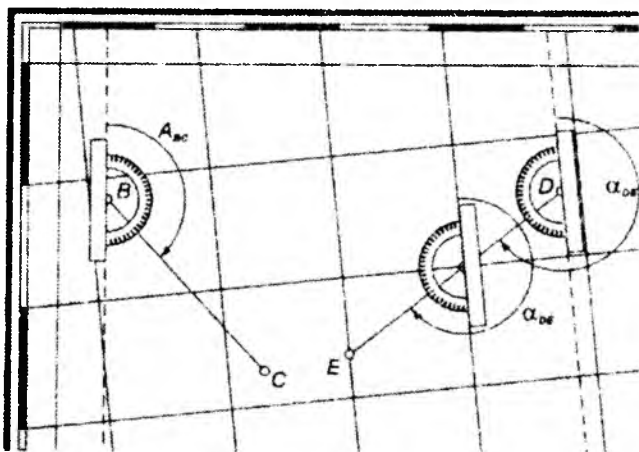
6.3.1. Kartalarda yo'nalish direktsion burchaklarini o'lchash

Karta va plarlarda gorizontall burchaklar va chiziq yo'nalishlari kilometr (koordinata) to'ring obstsissa yo'nalishiga tayangan holda geodezik transportir orqali o'lchanadi (yoki tuziladi).

Agar o'lchanadigan burchakning tomoni transportir radiusidan kalta bo'lsa, unda ushbu tomon tekshirilgan chizg'ich yordamida uzunlashtiriladi, tomonlardan birini esa transportir nol shtrixini anikroq birlashtirish uchun davom ettiriladi. Burchakning kiymati soat mili yo'li bo'yicha sanaladi.

Direktsion burchaklarni o'lchash uchun kartada abstsissa o'qiga parallel qilib tushirilgan chiziqlardan foydalaniladi.

Direktsion burchak abstsissa o'qiga parallel chiziqning shimoliy yo'nalishidan soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha kartada berilgan chiziq yo'nalishigacha o'lchanadi (6.7 – shakl).



6.7–shaki. Kartadagi yo'nalishning haqiqiy azimuti va direktsion burchagini aniqlash sxemasi

Koordinata to'ring chiziqlari karta va plarlarda ma'lum oraliqlar orqali tuzilgan, unda direktsion burchaklarni o'lchash

uchun berilgan yo'nalish ushbu chiziqlarning biri bilan kesishishgacha davom ettiriladi. Shunda, agarda, direksion burchak 180° dan kichik bo'lsa, boshlang'ich nuqtadan chapga joylashgan chiziqqacha (6.7-shaklda BC yo'nalishi), yoki direksion burchak 180° dan katta bo'lsa o'ngga o'lchanadi (shaklda DE yo'nalishi).

Transportirning nolinci shtrixi koordinata to'ri bo'yicha markaziy nishonini chiziqning kesishgan nuqtasi bilan birlashtiriladi, bundan keyin esa direksion burchak o'lchanadi. Agar o'lchanadigan burchak 180° dan katta bo'lsa, unda abstsissa o'qining janubiy yo'nalishidan, transportirning burchak o'lchash shkalasining yozuvlaridan foydalanib, sanoq olinadi.

6.3.2. Meridianlar yaqinlashish burchagi yordamida yo'nalishlarning haqiqiy azimutini hisoblash

Yo'nalish azimuti $-A$; shu yo'nalish direksion burchagi $-\alpha$; agar, γ meridianlar yaqinlashish burchagi bo'lsa, u holda

$$A = \alpha \pm \gamma. \quad (6.3)$$

6.3.3. Magnit strelkasini og'ish burchagi yordamida yo'nalishlarning magnit azimutini hisoblash

Yo'nalish azimuti A , shu yo'nalishning magnit azimuti M_A , magnit strelkasining og'ishi $-\delta$ bo'lsa, (2.1-shakl) unda

$$M_A = A \pm \delta. \quad (6.4)$$

Masiani yechishda kartaning pastki ramkasi ostida berilgan magnit strelkasining og'ish burchagi δ va meridianlarning yaqinlashish burchagi γ dan foydalanib hisoblashni bajarish mumkin.

6.3.4. O'lchangan direksion burchaklari asosida yo'nalishlarning rumb qiymatlarini hisoblash

Yo'nalishlarning direksion burchaklari ma'lum bo'lganda rumbni quyidagi formulalar yordamida aniqlash mumkin

$$\left. \begin{aligned} I \text{ chorakda } SHSq: r = \alpha \\ II \text{ chorakda } JSHg: r = 180^\circ - \alpha \\ III \text{ chorakda } JG': r = \alpha - 180^\circ \\ IV \text{ chorakda } SHG': r = 360^\circ - \alpha \end{aligned} \right\}$$

6.4. Kartada berilgan nuqtaning geografik koordinatalarini aniqlash

Karta varag'ining to'liq yoki kartaning faqat bir qismi berilganiga qarab kartada berilgan nuqtalarning geografik koordinatalarini aniqlashni ikki xil usuli qo'llanishi mumkin.

A. Agar kartaning to'liq varag'i bo'lsa, unda, minutli ramkaning bir xil qiymatli oraliqlarini birlashtirib, tekshirilgan chizg'ich bo'yicha berilgan nuqtaga yaqin janubiy va shimoliy parallel, g'arbiy va sharqiy meridian chiziqlari o'tkaziladi, undan keyin esa ularning gradusli qiymatlari aniqlanadi. Geografik kenglik va georafik uzoqlik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \varphi_J + \Delta\varphi_1 = \varphi_{SH} - \Delta\varphi_2 \\ \lambda &= \lambda_F + \Delta\lambda_1 = \lambda_{SHQ} - \Delta\lambda_2 \end{aligned} \right\} \quad (6.5)$$

Bunda φ_J – janubiy parallel kengligi, φ_{SH} – shimoliy parallel kengligi, λ_G – g'arbiy meridian uzoqligi, λ_{SHQ} – sharqiy meridian uzoqligi. Ikki aniqlangan qiymatlar orasidagi farq 0,1" dan oshmasligi kerak.

$\Delta\varphi$ va $\Delta\lambda$ geografik koordinata orttirmalarining qiymatlarini kattaligi quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta a}{a} 60; \quad \Delta\lambda = \frac{\Delta b}{b} 60. \quad (6.6)$$

Koordinata orttirmalarining qiymatlarini hisoblash uchun o'lachagich va masshtab chizg'ichi bilan kartada Δa va Δb kesmalar aniqlanadi, minutli ramka bo'yicha esa a va b oraliqlar o'lchanadi.

Misol: 6.2-shakldagi 1:10000 masshtabli kartada joylashgan K nuqtaning geografik koordinatalarini aniqlash kerak.

Aniqlanuvchi nuqtaga janubiy parallel va g'arbiy meridian yaqin bo'lib, janubiy parallelning kengligi $\varphi_J = 54^{\circ}41'$, g'arbiy meridian uzoqligi esa $\lambda_{q'} = 18^{\circ}06'$. o'lchangan kesmalar qiymati $\Delta a = 44\text{mm}$, $\Delta b = 31\text{mm}$, $a = 62\text{mm}$ va $b = 36\text{mm}$. $\Delta\varphi$ va $\Delta\lambda$ geografik koordinata ortirmalarining qiymatlarini hisoblaymiz

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta_a \cdot 60''}{a} = \frac{44 \cdot 60''}{62} = 42.6'';$$

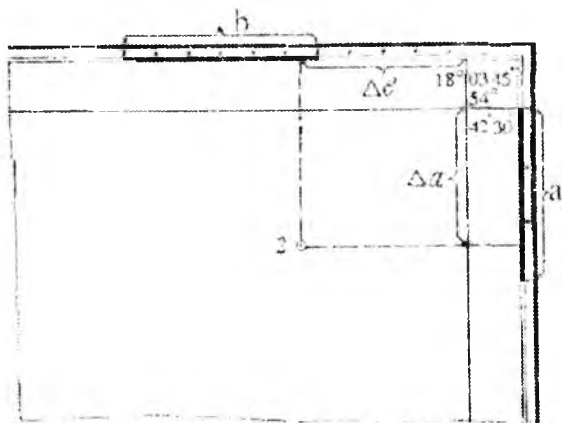
$$\Delta\lambda = \frac{\Delta_b \cdot 60''}{b} = \frac{31 \cdot 60''}{36} = 51.7''.$$

Demak, K nuqtaning geografik koordinatalari:

$$\varphi_K = 54^{\circ}41' + 42.6'' = 54^{\circ}41'42.6'',$$

$$\lambda_K = 18^{\circ}06' + 51.7'' = 18^{\circ}06'51.7''.$$

B. Agar kartalarning faqat bir qismini berilgan bo'lsa unda geografik koordinatalarni aniqlash uchun berilgan nuqtadan chizg'ich va uchburchakli chizg'ich yordamida parallel va meridian o'tkaziladi va Δa , Δb , a , b chiziqli kesmalar o'lchanadi (6.2-shakl).



6.8- shakl. Karta varag'ining fragmentida geografik koordinatalarni aniqlash

Keyingi hisoblashlar (6.6) formulaga muvofiq bajariladi.

Misol: 6.8-shakldagi 2 nuqtaning geografik koordinatalarini aniqlash kerak.

Shakldan ko'rish mumkinki, ramkaning timoliy tomoni $\varphi_{SH} = 54^{\circ} 42' 30''$ kenglikka ega, sharqiy tomoni esa $\lambda_{SHQ} = 18^{\circ} 03' 45''$ uzoqlikka ega. 2 nuqtaning koordinatalarini aniqlash uchun minutli ramkada Δa , Δb , a va b kesmalar o'lchangai. $\Delta a = 75.2$ mm, $\Delta b = 85.1$ mm, $a = 92.8$ mm va $b = 107.2$ mm. a chiziqli kesma shaklda $30''$ li burchakli oralig'iga to'g'ri kelganligi tufayli,

$$\Delta\varphi = \frac{7,52 \cdot 30''}{9,28} = 24,3''; \Delta\lambda = \frac{8,51 \cdot 60''}{10,72} = 47,6''$$

formulaga ko'ra,

$$\varphi_2 = 54^{\circ} 42' 30'' - 24,3'' = 54^{\circ} 42' 05,7'';$$

$$\lambda_2 = 18^{\circ} 03' 43'' - 47,6'' = 18^{\circ} 02' 57,4''.$$

6.5. Kartada berilgan nuqtaning to'g'ri burchakli koordinatalarini aniqlash

Nuqtalarning to'g'riburchakli koordinatalari koordinata to'ringing chiziqlari orqali aniqlanadi.

Berilgan nuqtaning to'g'ri burchakli koordinatasini aniqlash uchun avval, ushbu nuqta o'rin olgan kvadratning janubiy g'arbiy burchagining koordinatalari metrda ifodalanib aniqlanadi. Masalan, 6.2-shakldagi kilometr to'ri yozuvlari bo'yicha ko'rish mumkin

$$x_{jan} = 6\,065\,000\text{ m} \text{ va } y_{g'arb} = 4\,311\,000\text{ m}.$$

Berilgan nuqtaning to'g'riburchakli koordinatalari quyidagi ifodalar orqali hisoblanadi.

$$\begin{cases} x = x_{jan} + \Delta x_i \\ y = y_{g'arb} + \Delta y_i \end{cases} \quad (6.7)$$

$$(i = 1, 2)$$

bunda Δx_1 — berilgan nuqtadan kvadratning janubiy tomoniga tushirilgan perpendikulyar, Δy_1 esa kvadratning g'arbiy tomoniga tushirilgan perpendikulyar bo'lib, ularning uzunligi karta yoki planning masshtabida o'lchanadi.

Natijalarini nazorat qilish va aniqroq hisoblash uchun berilgan nuqtadan kvadratning shimoliy tomoniga Δx_2 perpendikulyari, kvadratning g'arbiy tomoniga esa Δy_2 perpendikulyari tushiriladi.

Orttirmalar yig'indisi $\Delta x_1 + \Delta x_2$ va $\Delta y_1 + \Delta y_2$ nazariy jihatdan 1000m ga teng bo'lishi kerak. Ushbu koordinata orttirmalarining yig'idilarini nazariy qiymatdan farqi – berilgan nuqta obtsissa va ordinatalarini grafik aniqlash xatosini ko'rsatadi, ya'ni

$$(\Delta x_2 + \Delta x_1) - 1000 = f_x \text{ ba } (\Delta y_1 + \Delta y_2) - 1000 = f_y.$$

Agar ushbu farqlar $3 \cdot M \cdot 10^{-4}$ qiymatidan oshmasa, unda yakuniy natija uchun arifmetik o'rtacha qiymat olinadi

B nuqtaning geografik koordinatalarini aniqlash kerak.

6.2-shakldagi kilometr to'ri yozuvlari bo'yicha ko'rish mumkinki, B nuqta uchun $x_{jan} = 6\,065\,000$ m va $u_{g'arb} = 4\,311\,000$ m.

B nuqtaning to'g'riburchakli koordinatalari quyidagi ifodalar orqali hisoblanadi.

$$x_B = x_{jan} + \Delta x_1; y_B = u_{g'arb} + \Delta y_1. \quad (6.8)$$

a) dastlab abtsissani hisoblaymiz:

Kartada o'lchash orqali $\Delta x_1 = 590$ m va $\Delta x_2 = 405$ m ekanligi aniqlangan.

Abtsissani grafik aniqlash xatosi $f_x = (\Delta x_2 + \Delta x_1) - 1000 = -5$ m.

1:10000 masshtabdagi karta uchun chekli xato

$$(f_{x_{chek}}) = 3 \cdot M \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 10000 \cdot 10^{-4} = \pm 10 \text{ m.}$$

Abtsissani grafik aniqlash xatosi chekli xatodan ortmaganligi sababli uni o'lchangan koordinata orttirmalariga proporsional tarzda tarqatib ularni tuzatamiz:

$$\Delta x_{tuz} = 590 + 3 = 593 \text{ m,} \quad \Delta x_{2\,tuz} = 405 + 2 = 407 \text{ m.}$$

$$\text{Nazorat: } 593 + 407 = 1000 \text{ m.}$$

B nuqtani abtsissa qiymati

$$x_B = 6\,065\,000 + 593 = 6\,065\,593 \text{ m}$$

b) ordinatani hisoblaymiz:

Kartada o'lchash orqali $\Delta y_1 = 285$ m va $\Delta y_2 = 708$ m ekanligi aniqlangan.

Ordinatani grafik aniqlash xatosi $f_y = (\Delta y_2 + \Delta y_1) - 1000 = -7$ m.

Ordinatani grafik aniqlash xatosi chekli xato (± 10)dan ortmaganligi sababli uni o'lchangan koordinata o'rtirmalariga proportsional tarzda tarqatib ularni tuzatamiz:

$\Delta y_{1_{tuz}} = 285 + 2 = 287 \text{ m}$, $\Delta y_{2_{tuz}} = 708 + 5 = 713 \text{ m}$.
Nazorat: $287 + 713 = 1000 \text{ m}$.

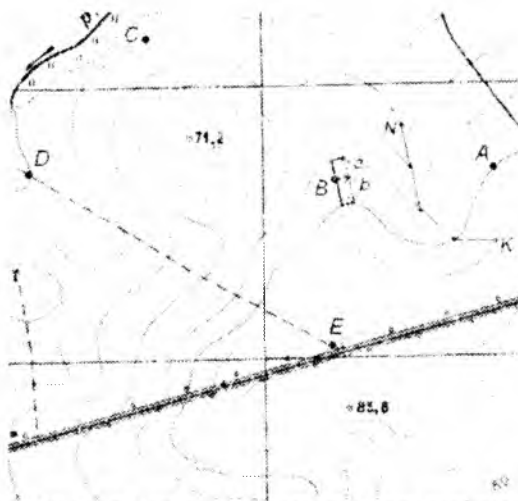
B nuqtani ordinata qiymati $y_B = 311\,000 + 237 = 4\,311\,287 \text{ m}$.

Topografik karta va planlardagi gorizontallar yordamida masalalar yechish bo'yicha gorizontallar yordamida nuqtaning absolyut va nisbiy balandliklarini aniqlash, berilgan nishablik, qiyalik burchagi bo'yicha chiziq o'tkazish, berilgan chiziq bo'yicha profil chizish va boshqa masalalar yechish mumkin.

6.6. Kartadagi nuqtalarning balandliklarini aniqlash

Karta yoki plandagi nuqta balandligini aniqlash amaliyotda eng ko'p ishlanadigan masalalardan biridir.

O'tmetkasi aniqlanishi kerak bo'lgan nuqtani kartadagi o'rni gorizontallarga nisbatan turlicha joylashgan bo'lishi mumkin (6.9-shakl).



6.9-shakl. Kartadagi nuqtalar o'tmetkalarini gorizontallar yordamida aniqlash

Masalan:

- asosiy gorizontall ustida yoki qo'shimcha gorizontall ustida;
- ikkita turli otmetkaga ega asosiy gorizontallar oralig'ida;
- ikkita bir xil otmetkaga ega gorizontallar oralig'ida;
- asosiy gorizontall va qo'shimcha gorizontall oralig'ida.

1) 6.9-shakldagi A va C nuqtalari asosiy gorizontall ustida. Bu holda nuqta otmetkasi gorizontall otmetkasiga teng bo'ladi. Gorizontallarning otmetkalari relef kesim balandligi qiymatini inobatga olgan holda, nishablik yo'nalishini, yo'g'on gorizontallardagi yozuvlar asosida va relef xarakterli nuqtalarini inobatga olgan holda aniqlanadi.

Bizning misolda:

$$H_A = 75 \text{ m}; H_C = 55 \text{ m}.$$

2) Asosiy gorizontall oralig'ida joylashgan nuqta otmetkalari quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$H = H_{kichik} + \frac{a}{a+b} \cdot h \quad (6.9)$$

bunda H_{kichik} – ikki gorizontallardan kichigini otmetkasi; h – ikki qo'shni gorizontallarning balandlik farqi, ya'ni relef kesim balandligi; a – aniqlanayotgan nuqtadan otmetkasi kichik gorizontalgacha bo'lgan masofa uzunligi; b – aniqlanayotgan nuqtadan otmetkasi katta gorizontalgacha bo'lgan masofa uzunligi. a va b qiymatlari plan yoki kartada grafik tarzda $\pm 0.2 \text{ mm}$ aniqlikda aniqlanadi.

Bajarilgan ishni (6.10) ifoda bilan nazorat qilish mumkin.

$$H = H_{kichik} + \frac{b}{a+b} \cdot h \quad (6.10)$$

6.9-shakl da B nuqtasi asosiy gorizontall oralig'ida joylashgan, uning otmetkasini 1 ifoda bilan aniqlasak:

$$H_B = H_{kichik} + \frac{a}{a+b} \cdot h = 70 + \frac{3.2 \text{ mm}}{3.2 \text{ mm} + 5.1 \text{ mm}} \cdot 5 \text{ m} \\ = 71.93 \text{ m}$$

3) Asosiy gorizontall va qo'shimcha gorizontall oralig'ida joylashgan nuqta otmetkasi ham (6.9) va (6.10) ifodalar orqali aniqlanadi. Bunda faqat relef kesim balandligi h – ni o'rni

yarim gorizontallarni qo'shni gorizontallarga nisbatan balandlik farqi ya'ni $\frac{h}{2}$; qo'yiladi.

$$H = H_{kichik} + \frac{a}{a+b} \cdot \frac{h}{2} ; \quad (6.11)$$

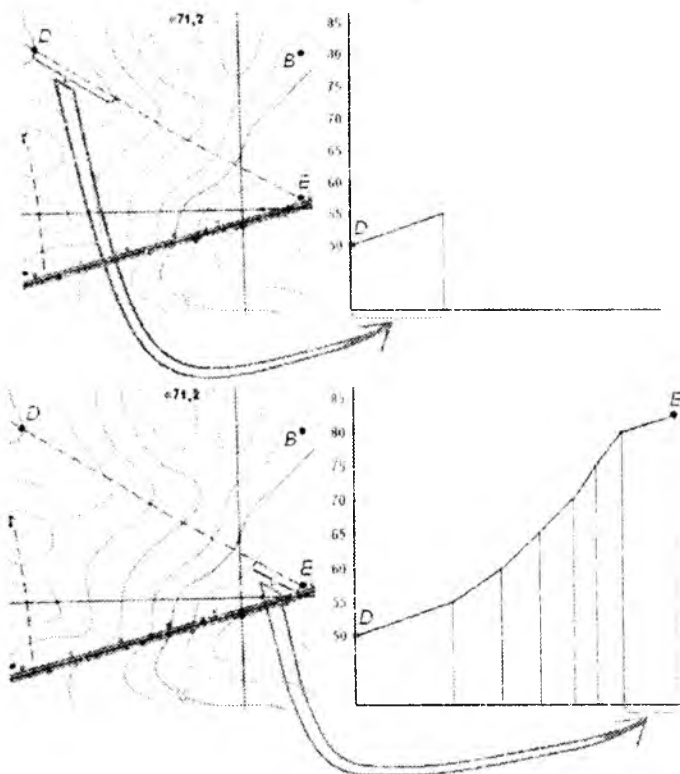
4) Ikki ta bir xil otmetkaga ega gorizontallar oralig'ida joylashgan nuqta otmetkasini taqriban aniqlash mumkin.

Bunda yoki

$$H = H_{kichik} + \frac{h}{2} ; \text{ yoki } H = H_{katta} - \frac{h}{2}$$

ifodalaridan foydalaniladi.

6.7. Kartada berilgan yo'nalish bo'yicha profil tuzish

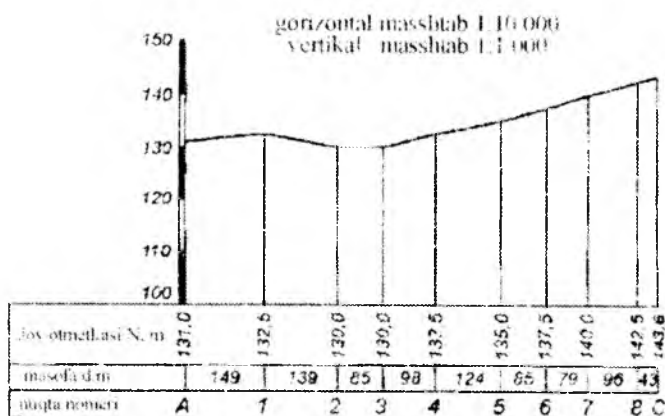


6.10-shakl. Kartada profil tuzish

Biror inshootni qurishdan oldin loyihalashda berilgan yo'nalishning bosh va oxirigi nuqtalarining o'zaro ko'rinishini, hamda ular orasidagi relefni qanday o'zgarganligini bilish maqsadida karta yoki planda berilgan yo'nalish bo'yicha profil tuzish kerak bo'ladi. Masalan 6.10-shakldagi kartada DE yo'nalishi bo'yicha joyning profilini tuzish kerak.

Profil tuzish odatda millimetrlı qog'ozda va quyidagi tartıbda bajariladi.

Qog'ozga profil asosi sifatida gorizontali chiziqli chiziladi va unga DE yo'nalishidagi D-1, 1-2, 2-3, va x.z. E nuqtasigacha bo'lgan ushbu yo'nalishni kesayotgan gorizontali (yarimgorizontali) oralig'idagi kesma uzunliklari karta yoki planning masshtabiga mos tarzda tushiriladi. Ushbu kesma qirralaridagi ya'ni profilda yotuvchi nuqtalardagi otmetkalar mos tarzda gorizontali chiziqni ostiga perpendikulyar tarzda yozib qo'yiladi. Otmetkalar grafasini ostiga masofa grafası chiziladi va unga profilda yotuvchi nuqtalar orasidagi masofa qiymatlari yoziladi. Shundan so'ng shartli gorizont tanlanadi va vertikal masshtabga mos tarzda profilda yotuvchi nuqtalar balandlik o'rni belgilanadi. Balandlik o'rni belgilangan nuqalarni tutashirish orqali profil hosil qilinadi.



6.11-shakl. AC yo'nalish bo'yicha profil

Profilda relef ifodali tasvirlanishi uchun uning vertikal masshtabi gorizontal masshtabga nisbatan 10 yoki 20-karra yirik qilib olinadi.

6.11-shaklda berilgan yo'nalish bo'yicha profil namunasini ko'rinishi ko'rsatilgan.

Nazorat savollari:

1. Masofani karta sonli masshtabidan foydalangan holda aniqlash qanday bajariladi?
2. Kartada egri chiziqlarni o'lehash qanday bajariladi?
3. Masofani ko'ngdalang masshtabdan foydalangan holda aniqlash qanday bajariladi?
4. Masofani karta chiziqli masshtabidan foydalangan holda aniqlashni tushuntiring.
5. Topografik kartadan nuqtaning to'g'ri burchakli va geografik koordinatasi qanday aniqlanadi?
6. Direktsion burchagi va magnit azimutini aniqlashni tushuntirib bering.
7. Topografik kartada berilgan chiziqni profili qanday chiziladi?
8. Kartaning nechta ramkasi bor?
9. Kartaning gradusli va kilometrli to'ri deganda nimani tushunasiz?
10. Zonal yassi to'g'ri burchakli koordinata tizimida qaysi chiziqlar abtsissa va ordinata o'qi sifatida olinadi?
11. Topografik kartadagi nuqtani aniqlangan abtsissa va ordinata qiymatlari nimani anglatadi?
12. Relef kesim balandligi nima va uning qiymatini katta-kichikligi nimaga bog'liq?
13. Kartadagi nuqtalarining absolyut balandligi qanday aniqlanadi?
14. Kartadagi nuqtalar orasidagi nisbiy balandlik qanday aniqlanadi?
15. Nuqtalar orasida aniqlangan nisbiy balandlik qiymatlarini qanday nazorat qilish mumkin?

II qism. GEODEZIK O'LGHASHLAR

7. GEODEZIK O'LGHASHLAR VA XATOLAR

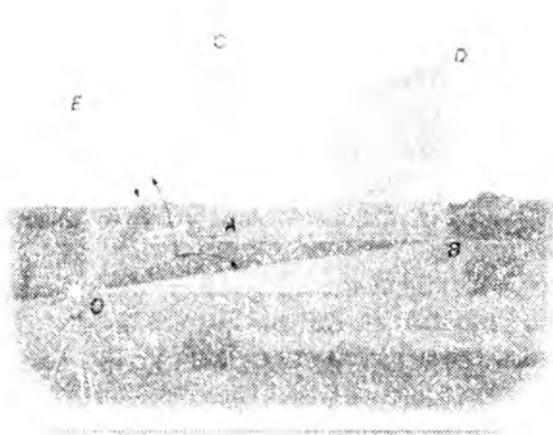
7.1. Geodezik ishlarning mohiyati

Geodezik ishlar yer yuzasining karta, plan va profilini tuzishda hamda injenerlik inshootlarini barpo qilishda va ulardan foydalanishda bajariladigan ishlarga va katta maydonlardagi geodezik ishlarga bo'linadi.

Geodezik ishlar joyda bajariladigan dala ishlar va xonada o'tirib bajariladigan kameral ishlar turiga bo'linadi. Dala ishlarining asosiy tarkibiga *o'lgashlar* kiradi. Kameral ishlar – *hisoblash va chizma tuzish* ishlari bo'ladi. Barcha geodezik ishlar kerakli geodezik ma'lumotlarni olishga (o'lgash yoki hisoblashga) bag'ishlanadi.

7.2. Joyda o'lganadigan kattaliklar

O'lgash deb s'ymka ishlarini bajarishda va maxsus injenerlik masalalarini yechishda joyda kerakli bo'lgan kattaliklarni aniqlash jaroyoniga aytiladi.



7.1-shakl. Fazoviy geodezik tekisliklar sxemasi

Odatdagi o'lchash uchun kuzatishlarda geodezik tekisliklar orqali beshta kattaliklar qiymati aniqlanadi (7.1– shakl): *gorizontal burchaklar, gorizontal masofalar, yo'nalish(zenit)dan og'ish- vertikal burchaklari, vertikal masofalar, qiyalik masofalari.*

Shakldagi AOB va ECD gorizontal tekisliklar, OACE va ABDC vertikal tekisliklar bo'lib,

- *AOB gorizontal burchagi* gorizontal tekislikdagi OA va OB masofalari oralig'ida o'lchanadi;
- *AOS vertikal burchagi* vertikal tekislikda o'lchanadi;
- *EOC tik (zenit) burchak* ham vertikal tekislikda o'lchanadi;
- *AC va BD vertikal chiziqlar* shovun chizig'i yo'nalishida o'lchanadi;
- *OC qiyalik masofalari* qiya tekislikda aniqlanadi.

Ushbu asosiy kattaliklarni kuzatish orqali joydagi istalgan nuqtalarni o'zaro joylashish holatini hisoblab topish mumkin.

Bu kattaliklarni kuzatish-hisoblash metodikasi va asboblari bilan kelgusi boblarda to'xtalamiz.

7.3. Geodeziyada qo'llanadigan o'lchov birliklari

Mamlakatimizdagi chiziqli o'lchashlar asosan **metrik** o'lchov tizimida bajariladi. Bunda o'lchov birligi *metr* bo'ladi. 1 metr (m) li uzunlikda 10 detsimetr (dts), 100 santimetr (sm) yoki 1000 milimetr (mm) joylashadi. Millimetruni mingdan bir qism mikrometr (mkm) ga teng.

Joydagi masofa uzunligi uzunligi ko'p xollarda kilometr (km)larda ifodalanadi: 1000 metr 1 km ga tengdir.

Balandlik (vertikal masofa) qiymatlari ham **metrik** o'lchov tizimida bajariladi.

Yassi tekislikdagi burchaklarning o'lchov birligi **gradus tizimi** bo'ladi. To'liq doirani 360° dan bir qismi 1 gradus (1°)ga teng. 1°da 60ta gradus minuti (60'), 1' da 60ta gradus sekundi (60'') bor.

Burchak qiymatlari **radian** o'lchov birligida ham ifodalanishi mumkin.

$2\pi R$ doira uzunligi 2π radianga tengdir. radian va gradus tizimlari bo'laklarining munosabati quyidagicha:

$$\rho^{\circ} = 57.3''; \quad \rho' = 3\,438'; \quad \rho'' = 206\,265''.$$

Eir qator davlatlarda (AQSH, Germaniya, Frantsiya va boshq) burchak o'lchashda *detsimal* (metrik) tizim qo'llanadi.^{9 10}

Bunda to'liq doraning 400dan bir qismi birlik sifatida olinadi. Bu o'lchav birligi gon (avallari grad) deb nomlanadi. Gon birligi quyidagicha talqin qilinadi:

$$\frac{2\pi}{400} = 1 \text{ gon} = 0.9 \text{ gradus},$$

1 gon = 1000 santigan(sgon) = 1000 milligon (mgon).

Gon tizimi xorijiy elektron taxeometrlarning burchak o'lchash doiralari qo'llanadi.

Hudud yuzasini o'lchov birligi *kvadrat metr* (kv m) bo'ladi. Kichikroq hududlar uchun *сотix* (100 kv.m), katta hududlar uchun *gektar* (ga) birliklari qo'llanadi. 10 000 kv. m. = 1 ga;

$$100\,000 \text{ kv. m.} = 100 \text{ ga} = 1 \text{ kv. km.}$$

Geodezik qiymatlarni o'lchash va hisoblashlarda vaqt, og'irlik, xarorat kattaliklari ham qo'llanishi mumkin.

Vaqt birligi *sekund*, og'irlik birligi halqaro *kilogramm*. xarorat birligi TSelsiy shkalasidagi *gradus* (°C) bo'ladi.

Atmosfera bosimini o'lchashda o'lchov birligi *mm simob ustuni* (mm. sm. ust) yoki millibar (mb) bo'ladi. 1mb = 0.760 mm. sm. ust.

Ba'zi xavo bosimini o'lchash asboblari xaqaro birlik tizimi (SI)ga mos tarzda *paskal*(Pa) kataligi qo'llanadi. 1 mm simob ustuni 133,322 Pa ga teng bo'ladi.

Atmosfera (atm) bosim o'lchov birligi bo'ladi.

$$1 \text{ atm.} = 1,033 \frac{\text{kg}}{\text{kv sm.}}$$

7.4. O'lchash va o'lchash xatolari

O'lchashlar ikki xil ya'ni bevosita (vositasiz) va bivosita (vositali) o'lchashlarga bo'linadi.

⁹ Charles D.Ghilani, Paul R. Wolf. "Elementary Surveying". 2012.

¹⁰ Engineering Surveying . W.Schofield. 2007

Bevosita o'lchashda o'lchov birligi hisoblanuvchi asbob o'lchanayotgan obyektga taqqoslanadi. Masalan, joyda masofani po'lat lenta (ruletka) bilan, burchakni teodolit bilan o'lchash, qog'ozda chiziq uzunligini chizg'ich bilan, burchakni transportir bilan o'lchash bevosita o'lchash bo'lib hisoblanadi.

Bavosita o'lchashda obyekt bevosita o'lchanmasdan, uning kattaligini boshqa bevosita o'lchagan kattaliklar natijalaridan foydalanib aniqlanadi. Masalan, uchburchakning o'lchangan tomon uzunliklaridan foydalanib, kosinuslar teoremasi yordamida burchaklarni hisoblab topish mumkin.

O'lchashlarda natijaga to'rtta asosiy omillar ta'sir etishi mumkin:

- *ijrochini malakasi;*
- *qo'llanayotgan asbobni aniqlik darajasi;*
- *o'lchash sharoiti;*
- *o'lchash metodikasi.*

Bir xil malakali ishchilar tomonidan, bir xil aniqlikdagi asbob bilan, bir xil usulda va sharoitda bajarilgan o'lchash **teng aniqlikdagi o'lchash** bo'ladi. Bu shartlardan birontasi o'zgarsa, **teng emas aniqlikda o'lchash** bo'ladi.

Amaliy tajribalar shuni ko'satadiki, o'lchash natijalariga xato ta'sir etadi. Xatoni aniqlashda quyidagi ifoda o'rinalidir:

$$\Delta = l - X, \quad (7.1).$$

bunda l – obyektning o'lchash natijasi, X – natijani haqiqiy qiymati, Δ – ular orasidagi farq, ya'ni xato qiymati.

Ya'ni *o'lchash xatosi deb, qiymati aniqlanayotgan kattalikni o'lchash natijasidan ushbu kattalikning aniq (haqiqiy) qiymatini farqi tushuniladi.*

Geodezik o'lchashlarda (hisoblashlarda) natija ishonchligini oshirish uchun o'lchashlar soni ko'paytiriladi. Agarda obyekt (n) marta o'lchangan bo'lsa, o'lchash natijalari $l_1, l_2 \dots l_n$ bo'ladi va xatolar qatori $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n$ hosil bo'ladi.

Kelib chiqish sabablariga ko'ra o'lchash natijalariga qo'pol, muntazam (sistematik) va tasodifiy xatolar ta'sir etadi.

Qo'pol xato. O'lchash yoki hisoblash vaqtida yanglishish, o'lchash ishini bajarayotgan kishining parishonxotirligi, o'lchash

asbobini nosozligi qo'pol xatoga olib keladi. Qo'pol xatoni aniqlash uchun har qanday o'lchash kamida ikki marta bajariladi, hisoblashda albatta nazorat hisobi amalga oshiriladi.

Muntazam (sistematik) xato. Biror obyektни o'lchaganda bir xil ishora bilan yoki ma'lum bir qonuniyat bilan takrorlanadigan xatolik muntazam xatolik deyiladi.

Muntazam xato o'lchashlarda bir xil ishora va qiymat bilan takrorlanib turuvchi xato bo'lib, u o'lchashlardagi uchta asosiy omillar ta'sirida yuzaga kelishi mumkin: ijrochini malakasi, qo'llanayotgan asboblarni aniqlik darajasi, o'lchash sharoiti va o'lchash metodikasidan. Bu omillardan sezilarli ishlatilayotgan asbob xatosi bo'lib, u asbobidagi o'lchov etalon qiymatini noto'g'ri ko'rsatilishi tarzida hosil bo'ladi.

Muntazam xatolik o'lchash natijasiga tuzatma kiritish orqali tuzatiladi.

Tasodifiy xato. O'lchash jarayonida tasodifiy xato ro'y beishi muqarrar, o'lchash vaqtida uni e'tiborga olib bo'lmaydi.

Tasodifiy xatoni kattaligi, ishorasi avvaldan ma'lum bo'lmaydi, katta miqdorda o'lchashni bajarish natijasida tasodifiy xatolar qonuniyatini aniqlash mumkin. Tasodifiy xatolar ko'pchilik holda ehtimollar nazariyasini qonuniyatlariga bo'ysunadi.

7.5. Tasodifiy xato xususiyatlari

Tasodifiy xatolar quyidagi to'rtta asosiy xususiyatlarga ega ekanligi aniqlangan:

1. **Cheklanganlik xususiyati:** tasodifiy xatolar ma'lum bir chegaraviy kattalik Δ_{chek} dan, ya'ni cheklik xatolikdan oshmaydi:

$$|\Delta| \leq \Delta_{\text{chek}}. \quad (7.2)$$

2. **Nolga nisbatan simmetriklik xususiyati:** absolyut qiymati jihatidan teng, manfiy va musbat ishorali xatolarni uchrash ehtimoli teng;

3. **Kompensatsiyalanish xususiyati:** o'lchashlar sonini orttirib borish bilan tasodifiy xatolarni o'rta arifmetik miqdori nolga intiladi:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n)}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0, \quad (7.3)$$

bunda, n – o'lchashlar soni (yig'indisi olinayotgan xatolar soni);
 $[\Delta]$ – Gauss tomonidan kiritilgan yig'indi belgisi, matematikada Σ ;

4. **Zichlik xususiyati:** absolyut qiymati kichik xatolar absolyut qiymati katta xatolardan ko'p uchraydi va aksincha.

7.6. Natijalar aniqligiga baho berish

O'lchash natijasini o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy o'lchamiga qay darajada yaqinligi, ya'ni o'lchash sifatiga o'lchash aniqligi deyiladi.

Geodeziyada biror kattalikni o'lchash yoki hisoblash natijasi va ushbu kattalikni nazariy qiymati orasidagi farqqa **bog'lanmaslik xatosi** deb ataladi.

Bog'lanmaslik xatosini tarqatish va amalda aniqlangan kattalikning tuzatilgan qiymatini hisoblash jarayoniga o'lchash natijalarini tenglashtirish deyiladi.

Tenglashtirish bajarib bo'lingach, olingan **natijalar aniqligiga baho berish** bajariladi.

Geodeziyada aniqlikga baho berish o'lchash natijalari bilan bir qatorda hisoblash natijalari uchun ham o'rinnidir.

Geodezik o'lchashlar nazariyasida *umumiy o'lchashlar* (n), *ortiqcha o'lchashlar* ($n - 1$) va *zaruriy o'lchashlar* mavjud.

Umumiy o'lchashlar soni kamida 2ta bo'ladi. zaruriy o'lchashlar soni 1 bo'lib, u orqali o'lchanayotgan kattalikning taqribiy kattaligini bilish mumkin.

Natijalar aniqligiga baho berishda quyidagi ko'rsatgichlardan foydalanish mumkin:

- *O'rtacha arifmetik miqdor*
- *o'rtacha xato*
- *ehtimoliy xato*
- *o'rtacha kvadratik xato*
- *chekli xato*
- *nisbiy xato*
- *kattalik vazni*

O'rtacha arifmetik miqdor. Haqiqiy kattaligi X bo'lgan obyekt n marta teng aniqlikda o'lchanib, $l_1, l_2 \dots l_n$, natijalar olingan bo'lsin (1) asosida yozishimiz mumkin:

$$\Delta_1 = l_1 - X$$

$$\Delta_2 = l_2 - X$$

$$\Delta_n = l_n - X$$

O'ng va chap tomonlar yig'indisini olamiz, unda

$$[\Delta] = [l] - nX,$$

bundan

$$X = \frac{[l]}{n} - \frac{[\Delta]}{n}.$$

O'lchashlar soni chegaralangan bo'lganligi uchun quyidagini yozamiz:

$$x = \frac{[l]}{n}, \quad (7.4)$$

bunda, x o'rtacha arifmetik miqdor.

O'lchanayotgan obyektning haqiqiy kattaligi ko'p xollarda noma'lum bo'ladi va uni o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik miqdori bilan almashtirishimiz mumkin bo'ladi.

O'lchash natijalarini ularning o'rtacha arifmetik miqdoridan farqi o'rtacha arifmetikdan chetlashish yoki **ehtimoliy xato** deyiladi:

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_1 &= l_1 - x \\ \vartheta_2 &= l_2 - x \\ \vartheta_n &= l_n - x \end{aligned} \right\} \quad (7.5)$$

(7.5) ni o'ng va chap tomonini qo'shsak:

$$[\vartheta] = [l] - nx$$

bu tenglikni o'ng va chap tomonini n ga bo'lamiz, unda

$$\frac{[\vartheta]}{n} = \frac{[l]}{n} - x.$$

O'rtacha xato.

Xatolarni absolyut miqdorini o'rtacha arifmetik miqdoriga o'rtacha xato deyiladi, haqiqiy tasodifiy xato uchun:

$$\theta = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|}{n} = \frac{[|\Delta|]}{n}. \quad (7.6)$$

Ehtimoliy xatolik uchun:

$$\theta = \frac{|\vartheta_1| + |\vartheta_2| + \dots + |\vartheta_n|}{n} = \frac{[|\vartheta|]}{n}. \quad (7.7)$$

O'rtacha kvadratik xato. Geodezik o'lchash natijalariga baxo berishda o'lchashning o'rtacha kvadratik xatosi (m) asosiy ko'rsatgichlardan biri hisoblanadi.

O'lchashlar teng aniqlikda yoki teng emas aniqlikda bajarilishini inobatga olgan holda ikki xil yondashuv mavjuddir.

Teng aniqlikdagi o'lchashlarni o'rtacha kvadratik xato (o'.kv.x.) si Gauss formulasi bilan hisoblanadi:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (7.8)$$

Teng emas aniqlikdagi o'lchashlar o'.kv.x. si Bessel formulasi bilan hisoblanadi:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + \dots + \vartheta_n^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{[\vartheta^2]}{n-1}}, \quad (7.9)$$

bunda n -o'lchashlar soni, $(n-1)$ -ortiqcha o'lchashlar soni.

$[\vartheta^2]$ -ehtimoliy xato kvadratlari yig'indisi.

Chekli xato. Tasodifiy xatolar belgilangan miqdordan (Δ_{chek}) chekdan oshmasligi kerak, aks holda bu qo'pol xato hisoblanadi. Ehtimollar nazariyasiga ko'ra, normal sharoitda obyektni 1000-marta o'lchaganda, xato haqiqatdan tasodifiy bo'lsa, faqat 3 ta xatolik o'rtacha kvadratik xatoning o'lchanganidan katta bo'lishi mumkin ekan, shu sababli o'rtacha kvadratik xatoning uchlangan qiymati chekli xato deb qabul qilinadi:

$$\Delta_{chek} = \pm 3 m. \quad (7.10)$$

O'lchash natijalarining sifatiga katta talab qo'yilganda chekli xato qilib o'rtacha kvadratik xatoning ikkilangan miqdori qabul qilinadi:

$$\Delta_{chek} = \pm 2 m. \quad (7.11)$$

O'rtacha kvadratik xato Δ_{chek} dan katta bo'lsa, o'lchash qoniqarsiz hisoblanadi.

Nisbiy xato. O'rtacha kvadratik xato, o'rtacha xatolik, haqiqiy yoki ehtimoliy xatolar o'lchashlar sifatini to'liq ifodalamaydi. Misol uchun, $L_1 = 215$ m masofa $m_1 = \pm 0,15$ m o'rtacha kvadratik xato bilan; $L_2 = 125$ m masofa $m_2 = \pm 0,10$ m o'rtacha kvadratik xato bilan o'lchangan bo'lsin, $m_2 < m_1$ bo'lganligi uchun birinchi qarashda L_2 masofa aniq o'lchangan degan fikr keladi, agarda xatoni o'lchangan kattalik qiymatiga bo'lsak, nisbiy xatolik kelib chiqadi. Nisbiy xatolik surati birga teng bo'lgan kasr ko'rinishida yoziladi.

O'rtacha kvadratik nisbiy xato:

$$\frac{m}{L} = \frac{m:m}{L:m} = \frac{1}{(L:m)} = \frac{1}{N}. \quad (7.12)$$

O'rtacha arifmetik nisbiy xato:

$$\frac{\theta}{L} = \frac{\theta:\theta}{L} = \frac{1}{(L:\theta)} = \frac{1}{N}. \quad (7.13)$$

Misolda keltirilgan o'lchash uchun (7.12) asosida:

$$\begin{aligned} 1) \quad & \frac{0.15 \text{ m}}{215 \text{ m}} = \frac{0.15:0.15}{215:0.15} = \frac{1}{1433}; \\ 2) \quad & \frac{0.10 \text{ m}}{125 \text{ m}} = \frac{0.10:0.10}{125:0.10} = \frac{1}{1250}. \end{aligned}$$

$\frac{1}{1433} < \frac{1}{1250}$ demak, $m_1 > m_2$ bo'lishiga qaramasdan birinchi masofa aniq o'lchangan.

O'lchash vazni tushunchasi teng emas aniqlikda o'lchash natijalariga ishlov berish uchun kiritilgan. Vazn o'lchash natijalarini ishonchliligini ifodalaydi. Vazni katta bo'lgan o'lchash natijasiga ishonch ham katta bo'ladi.

O'rtacha kvadratik xatoni kvadratiga teskari proporsional bo'lgan kattalik o'lchash vazni deb olinadi, ya'ni

$$p_i = \frac{C}{m_i^2}. \quad (7.14)$$

bunda C — hisoblash ishlari uchun qulay qilib tanlab olinadigan doimiy kattalik.

Bir o'lchash natijasining vaznini p bilan, xuddi shunday n ta o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik miqdorini vaznini P bilan belgilaymiz, unda ular nisbati

$$\mu = \sqrt{\frac{[p^2 m^2]}{n}} . \quad (7.15)$$

Bu formula *vazn biriligi* xatosini hisoblash formulasi bo'lib, undan teng emas aniqlikda o'lchash natijasini baholashda foydalaniladi.

Tasodifiy haqiqiy Δ xatolar uchun (7.15) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\mu = \sqrt{\frac{[p\Delta^2]}{n}} . \quad (7.16)$$

Ehtimoliy ϑ xatolar uchun:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[p\vartheta^2]}{n-1}} . \quad (7.17)$$

Umumiy o'rtacha arifmetik qiymatni o'rtacha kvadratik xatosi quyidagi formula yordamida hisoblanadi :

$$M_0 = \pm \sqrt{\frac{[p\vartheta^2]}{[p](n-1)}} . \quad (7.18)$$

(7.18) ni (7.17) asosida yozishimiz mumkin:

$$M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}} = \frac{\mu}{\sqrt{P}} . \quad (7.19)$$

7.7. Bevosita o'lchash natijalari funksiyasining o'rta kvadratik xatosi

Biron bir geodezik masalani yechishda bevosita o'lchash natijalarini argument, natijani esa matematik funksiya tarzida ko'rsa bo'ladi.

Bunda yechiladigan masalani shartiga ko'ra turli ko'rinishdagi funksiyalar yuzaga keladi.

1) *O'lchangan kattalikni doimiy ko'paytmaga (koefitsientga) ko'paytirish natijasini o'rta kvadratik xatosi.*

Bunday holda natija quyi ko'rinishdagi funksiya ko'rinishida bo'ladi:

$$u = k \cdot x, \quad (7.20)$$

Bunda k – xatosiz doimiy qiymat (koefitsient), x – o'lchash natijasi (argument).

Funktsiya o'rta kvadratik xatosini m_u orqali, argument o'rta kvadratik xatosini m_x orqali ifodalasak, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$m_u = k \cdot m_x. \quad (7.21)$$

2) O'lchangan kattaliklarning algebratik yig'indisini o'rta kvadratik xatosi.

Natija quyi ko'rinishdagi funksiya ko'rinishida bo'ladi:

$$u = x \pm y \pm z, \quad (7.22)$$

Funktsiya o'rta kvadratik xatosini m_u orqali, x, y, z argumentlarining o'rta kvadratik xatosini m_x, m_y, m_z orqali ifodalasak

$$m_u = m_x + m_y + m_z. \quad (7.23)$$

Agar argumentlarining o'rta kvadratik xatosi o'zaro teng bo'lsa, ya'ni $m_x = m_y = m_z = m$ bo'lsa,

$$m_u = m\sqrt{n} \quad (7.24)$$

bo'ladi, bundagi n – argumentlar soni.

3) $u = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ko'rinishdagi funksiya berilgan bo'lsin, bu funksiyaning argumentlari o'lchash natijalari $x_1, x_2, \dots, x_n$ lardan iborat bo'lib, ular $m_1, m_2, \dots, m_n$ o'rtacha kvadratik xato bilan o'lchangan bo'lsin, u holda u qanday xatolik bilan topiladi degan savol tug'iladi.

Xatolar nazariyasidan agar $x_1, x_2, \dots, x_n$ lar o'zaro bog'liq bo'lmagan kattaliklar bo'lsa, m_u quyidagicha topiladi:

1. Funktsiyadan to'liq differentsial olinadi:

$$df = \frac{\partial f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} dx_n, \quad (7.25)$$

Bunda $dx_1, dx_2, \dots, dx_n$ differentsiallar;
 $\frac{\partial f}{\partial x_1}; \frac{\partial f}{\partial x_2}; \dots; \frac{\partial f}{\partial x_n}$

o'zgaruvchilar bo'yicha olingan xususiy hosilalar.

2. (4.19) da differentsiallar o'rtacha kvadratik xato kvadrati bilan almashtiriladi.

Xususiy hosilalar ko'effitsient sifatida olinib kvadratga ko'tariladi, natijada (4.19) ni quyidagicha yozamiz:

$$m_u^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 m_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 m_{x_n}^2. \quad (7.26)$$

Misol: Agarda masofa gorizontal proektsiyasi $d=143,5$ m va qiyalik burchagi $\gamma = 2^\circ 30'$ bo'lsa va ularni o'lchash o'rtacha kvadratik xatolarni mos ravishda $m_s = 0,5$ m va $m_\gamma = 1'$ bo'lsa, $h=\text{stgy}$ formuladan foydalanib, hisoblanilgan nisbiy balandlik (h) o'rtacha kvadratik xatosi topilsin.

$h=\text{stgy}$ dan to'liq differentsial olamiz:

$$dh = \frac{\partial h}{\partial s} ds + \frac{\partial h}{\partial \gamma} d\gamma. \quad (7.27)$$

(7.26) asosida yozamiz:

$$m_h^2 = \left(\frac{\partial h}{\partial s}\right)^2 m_s^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial \gamma}\right)^2 m_\gamma^2. \quad (7.28)$$

Xususiy hosilalarni topamiz:

$$\frac{\partial h}{\partial \gamma} = tg\gamma; \quad \frac{\partial h}{\partial \gamma} = \frac{s}{\cos^2 \gamma}. \quad (7.29)$$

(7.29)ni (7.28)ga qo'ysak

$$m_h^2 = tg^2 \gamma m_s^2 + \frac{s^2}{\cos^4 \gamma} m_\gamma^2 \quad (7.30)$$

bo'ladi, lekin m_γ burchak bo'lganligi uchun radian minuti yoki radian sekundiga bo'linadi ($p' = 3438'$; $p'' = 206265''$) demak, (4.24) ni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$m_h = \sqrt{m_s^2 tg^2 \gamma + \frac{s^2}{\cos^4 \gamma} \frac{m_\gamma^2}{\rho^2}} = \sqrt{0.044^2 0.5^2 + \frac{143.5^2}{0.999^4} \frac{1^2}{3438^2}} = \sqrt{0.00223} \pm \pm 0.0472 \text{ m} = \pm 4.7 \text{ sm}.$$

Nazorat savollari:

1. Geodezik ishlarni qanday asosiy turlari mavjud?
2. Geodezik kuzatishlarda qaysi kataliklar qiymati aniqlanadi?
3. Qanday o'lchash usullari va turlarini bilasiz?
4. O'lchash jarayonida qo'pol xato bo'lmasligi uchun nima qilish keak?
5. Muntazam xato deb qanday xatoga aytiladi va uni o'lchash natijasidan yo'qotish uchun nima qilish keak?
6. Qanday xatoga tasodifiy xato deyiladi?
7. Tasodifiy xatolar qanday xususiyatlarga ega?
8. O'rtacha arifmetik miqdor yoki o'lchashni ehtimoliy qiymati deb nimaga aytiladi?
9. Geodeziyada natija aniqqligiga baho berish qanday amalga oshiriladi?
10. Bevosita o'lchash natijalari funksiyasining o'rt kvadratik xatosi qanday amalga oshiriladi?

8. YUZA ANIQLASH

Ko'pgina injener geodezik va kadastr masalalarni yechishda hamda iqtisodiy loyiha ishlarida kerakli hudud yuzasini aniqlashga to'g'ri keladi. Yuza aniqlash bevosita joydagi o'lchashlar natijasi asosida bajarilishi yoki karta va plandagi o'lchashlar natijasida bajarilishi mumkin. Yuza aniqlashning **grafik, geometrik, grafik va mexanik** usullari mavjud. U yoki bu usulni qo'llash yuzasi aniqlanadigan kontur shakliga bog'liq, masalan daryo yoki yo'l kabi kichik va cho'ziq maydonli obyektlar yuzasini grafik yoki geometrik usulda hisoblagan ma'qul.

Karta va planda yuza aniqlashning analitik, grafik va mexanik usullari qo'llanadi.

Joyda yuza aniqlashning geometrik va analitik usullari mavjud.

8.1. Yuzani analitik usulda aniqlash

Analitik usulda yuza aniqlashda yuzasi aniqlanuvchi konturning xarakterlovchi nuqtalarining to'g'ri burchakli koordinatasi kartada (yoki planda) grafik usulda aniqlanadi. Yuza qiymati ushbu koordinatalar asosida formulalar orqali hisoblab topiladi. Katta maydonlarda koordinatalari bo'yicha hisoblanishi qulay bo'ladi va aniq natija beradi.

Joyda analitik usulda aniqlash ham kartadagi aniqlashga o'xshab yuzasi aniqlanuvchi konturning xarakterlovchi nuqtalarini to'g'ri burchakli koordinatasi asosida bajariladi. Faqat nuqtalarining to'g'ri burchakli koordinata qiymatlari joyda bevosita o'lchangan boshqa qiymatlar asosida hisoblanadi.

Analitik usulda biron bir konturli obyekt yuzasi obyekt chegaralari uchlarining koordinatalari bo'yicha hisoblanadi.

Obyekt chegara uchlarining koordinatalari esa joyda bevosita o'lchangan chiziqlar va ular orasidagi burchak natijalari asosida hisoblab topilishi yoki karta va planda grafik usulda aniqlangan bo'lishi mumkin.

Joydagi biron-bir obyektning chegaralari bo'yicha tegdolit yo'li o'tkazilib, burilish nuqtalarining koordinatalari topilgan

bo'lsa, uning yuzasi tegishli formulalar yordamida hisoblab chiqilishi mumkin. Bu formulalar isbotini 8.1-shaklda keltirilgan oddiy to'rtburchakli poligon misolida ko'rib chiqamiz. 1, 2, 3, 4 ushbu obyekt qirralaridir. Poligon yuzini S bilan belgilab, kerakli formulani chiqarish uchun qirralardan ordinata (yoki abtssisa) o'qiga perpendikulyar tushirilganda hosil bo'lgan 1,2,2',1'; 2',2,3,3'; 3,4,4',3' va 1,4,4',1' trapetsiyalar foydalanamiz. Trapetsiya yuzini hisoblash formulasiga asosan poligon yuzi S uchun quyidagi ifodani yozamiz:

$$S = \frac{1}{2}(y_2 + y_3)(x_2 - x_3) + \frac{1}{2}(y_3 - y_4)(x_3 - x_4) - \frac{1}{2}(y_1 + y_2)(x_2 - x_1) - \frac{1}{2}(y_1 - y_4)(x_1 - x_4).$$

Bundan 2 ni umumiy maxraj qilib, qavslarni ochib, ishoralariga qarab tegishli qisqartirishlarni bajarib bo'lib, y bo'yicha qo'shiluvchilarni yig'ib, umumiy ko'paytuvchilarni qavsdan chiqarsak quyidagiga ega bo'lamiz:

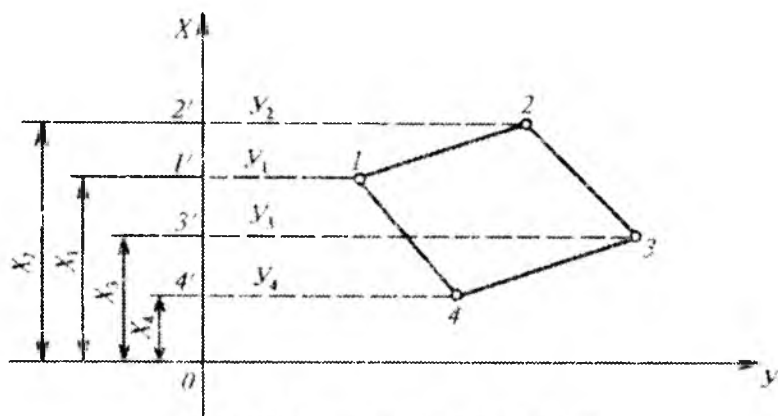
$$2S = y_1(x_4 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_4) + y_4(x_3 - x_1).$$

Ushbu formuladan kelib chiqadigan qoidani n ta qirrali poligonga tadbqiq qilib, umumiy ko'rinishda quyidagi formulani yozish mumkin:

$$2S = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}), \quad (8.1)$$

bu yerda: $i = 1, 2, 3, \dots, n$ poligon qirralarining tartib raqami. Agar poligon burilish nuqtalarini ordinata o'qiga proektsiyalansa, 8.1-shaklga asosan ko'pqirrali poligon uchun:

$$2S = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}), \quad (8.2)$$



8.1-shakl. Yuzasi aniqlanadigan poligon

Hisoblash ishlarini tekshirib borish (8.1) va (8.2) formulalarning qavs ichidagi hadlari orqali amalga oshiriladi. Yopiq poligon uchun ushbu formulalardan quyidagini yozamiz:

$$\sum_1^n (x_{i-1} - x_{i+1}) = \sum_1^n (y_{i+1} - y_{i-1}) = 0. \quad (8.3)$$

Hisoblash maxsus jadvalda kalkulator yordamida bajariladi. Koordinatalar bo'yicha poligon yuzasini hisoblash 8.2- jadvalda keltirilgan

(8.1) va (8.2) formulalari poligon qirralari soat mili yo'nalishida nomerlangan bo'lsa o'rinlidir. Agar poligon qirralari soat miliga teskari yo'nalishda nomerlangan bo'lsa ushbu formulalar quyidagi ko'rinishga keladi:

$$2S = \sum_1^n x_i (y_{i-1} - y_{i+1}), \quad (8.3)$$

$$2S = \sum_1^n y_i (x_{i+1} - x_{i-1}), \quad (8.4)$$

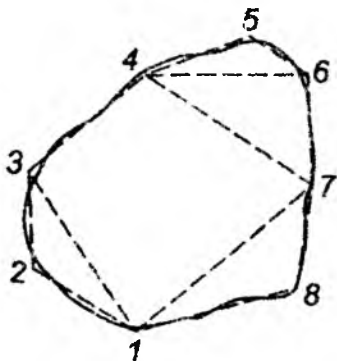
Analitik usulda yuza hisoblash jadvali

Nuqta r	Koordinatalar (m)		Ayirmalari (m)		Ko'paytmalar (m ²)	
	x	y	$x_{i-1} - y_{i+1}$	$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_i \begin{pmatrix} y_{i+1} \\ y_{i-1} \end{pmatrix}$	$y_i \begin{pmatrix} x_{i-1} \\ x_{i+1} \end{pmatrix}$
1	+4100,0	+2500,0	-376,6	+363,6	+1490760	-941500
2	+4152,4	+2715,0	+184,5	+309,0	+1283092	+500918
3	+3915,5	+2809,0	+396,4	+140,0	+548170	+1113488
4	+3756,0	+2855,0	+269,9	-123,1	-462364	+770564
5	+3645,6	+2685,9	+154,0	-424,6	-1547922	+413629
6	+3602,0	+2430,4	-130,2	-334,5	-1204869	-316438
7	+3775,8	+2351,4	-498,0	+69,6	+262796	-1170997
			+1004,8	+882,2	+3584818	+2798599
			-1004,8	-882,2	-3215155	-2428935
			0	0	+369663	369664
$2S = 369664 \text{ m}^2$						
$S = 184832 \text{ m}^2 = 18.48 \text{ ga}$						

8.2. Grafik va geometrik usulda yuza aniqlash

Grafik usulda yuza aniqlashda plan yoki kartadagi yuzasi aniqlanuvchi kontur oddiy geometrik shakllarga (masalan uchburchak, to'g'ri burchakli to'rt-burchak) bo'linadi va ushbu shakllarning har birini yuzasi alohida hisoblab topiladi. Konturning umumiy maydoni uni ichidagi shakllarning yuzalari yig'indisiga teng bo'ladi. Xar bir shakl yuzasi uni kartada o'lchangan elementlari (masalan uchburchak uchun asos va balandlik) asosida hisoblanadi.

Geometrik usulda yuza aniqlashda ham joydagi yuzasi aniqlanuvchi maydon konturi oddiy geometrik shakllarga bo'linadi va ushbu shakllarning har birining yuzasi shaklning asos va balandlik qiymatlarini ko'rsatuvchi qiymatlarni joyda ruletk bilan o'lchash orqali alohida hisoblab topiladi. Umumiy maydon yuzasi esa uning ichidagi shakllar yuzalarining yig'indisiga teng bo'ladi. Shakl yuzasini hisoblash uchun kerak bo'ladigan elementlari (asos va balandlik) qiymati joyda masofa o'lchash asboblari yordamida aniqlanadi.



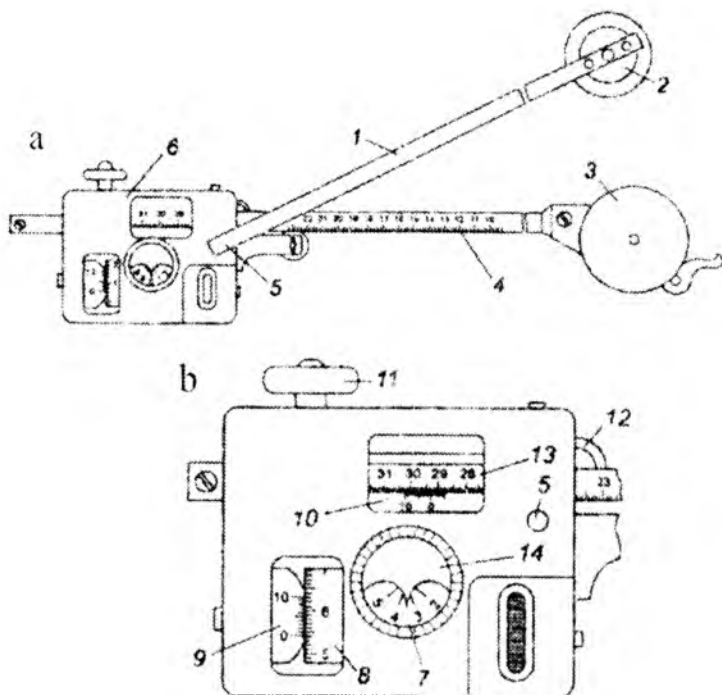
8.2-shakl. Yuzasi aniqlanuvchi konturni geometrik shakllarga bo'lish sxemasi

Bunday usulda yuza aniqlashda natijani nazorat qilish va aniqligini oshtrish maqsadida har bir geometrik shalning asos va balandlik qiymatlari ikki marotaba aniqlanishi kerak. Buning uchun ikkinchi bor o'lchashda shaklni boshqa tomoni asos yoki balandlik tarzida o'lchanishi kerak. Ikki karra aniqlangan yuzalar yig'indisini o'zaro farqi 1:200 dan ortmasligi kerak.

8.3. Mexanik usulda yuza aniqlash

Mexanik usulda yuza karta yoki planda *planimetr*, *paletka* va boshqa asboblarda yordamida o'lchanadi.

Chiziqli, qutbli va elektron *planimetrlar* mavjud bo'lib, hozirgi paytda ko'p qo'llaniladigani qutbli planimetrdir. Qutbli planimetr (8.3-shakl, a), asosan, qutb richagi (1), aylantirish richagi (4) va karetk (sanoq olish mexanizmi) (6) dan tashkil topgan. Qutb richagining bir uchida qutb igna bilan yukcha (2), ikkinchi uchida esa sharsimon boshli shtift (5) joylashgan. Shtift karetkadagi chuqurlikka joylashtiriladi. Yuk ostidagi nina (qutb) taxta yoki stolga yozilgan plan yoki kartaga sanchib qo'yiladi. Aylantirish richagining bir uchida metall gardishga olingan lupa (3) o'rnatilgan bo'lib, uning ostki sirtiga aylantirish indeksi — nuqta qo'yilgan. Shakl yuzasi aniqlanayotgan paytda aylantirish nuqtasi shaklning chegarasi bo'yicha dasta yordamida sekin yurgiziladi.



8.3-shakl. III-M qutbli planimetrini ko'rinishi: a-umumiy ko'rinish; b-sanoq olish mexanizmi

Aylantirish richagida (4), shkala tushirilgan bo'lib, u orqali richagning uzunligi verner (10) yordamida aniqlanadi (8.3-shakl, b). Karetkada sanoq olish mexanizmi joylashgan bo'lib, u gorizontal doira – siferblat (7), hisob g'ildiragi (8) va hisob g'ildiragidan sanoq olish moslamasi verner (9) dan iborat. Siferblat 10 ta teng bo'lakka, hisob g'ildiragining silindrik sirti 100 ta teng bo'lakka bo'lingan. Verner 11da esa hisob g'ildiragining bitta bo'lagiga teng oralik 10 ta teng bo'lakka bo'lingan. Sanoq olish mexanizmidan olingan sanoq to'rtta raqamdan iborat bo'lishi kerak.

Ish boshlashdan oldin hamma geodezik asboblarning singari planimetr ham tekshirilib, zarur hollarda tuzatiladi.

Planimetrlarni tekshirish shartlari.

1. Hisob g'ildiragi o'z o'qi atrofida erkin va vernbergga tegmasdan aylanishi kerak.

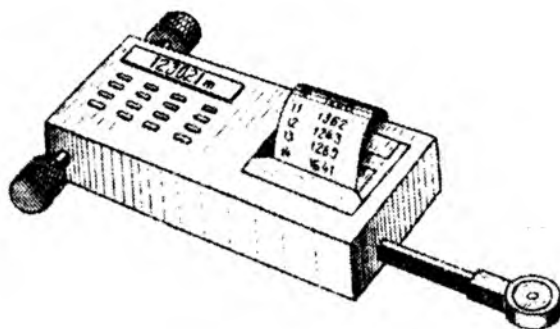
Bu shartni tekshirish uchun aylantirish richagi qo'lga olinib, barmoq bilan hisob g'ildiragi aylantirilib yuboriladi. Bunda g'ildirak o'z inertsiyasi bilan bir necha sekund davomida aylanibturishi kerak.

2. Hisob g'ildiragining gardishiga tushirilgan shtrixlar yo'nalishi aylantirish richagining o'qiga parallel bo'lishi kerak.

Bu shartni tekshirish uchun qutb nuqtasi o'zgartirilmasdan biron shakl chegarasi planimetr qutbining ikki holatida, ya'ni o'ng qutb (O'Q) va chap qutb (CHQ) da aylantirilib chiqiladi. Aylantirish xatosining ta'sirini kamaytirish uchun ma'lum radiusli maxsus ninali chizg'ichdan foydalaniladi. Aylanirishda planimetrning ikkala richagi orasidagi burchak qiymati 90° atrofida bo'lishi kerak. Qutbning o'ng va chap holatida olingan sanoqlarning ayirmalari bir-biridan uch bo'lakdan ortiqqa farq qilmasligi lozim.

Elektron planimetrlar

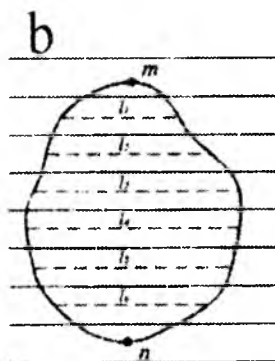
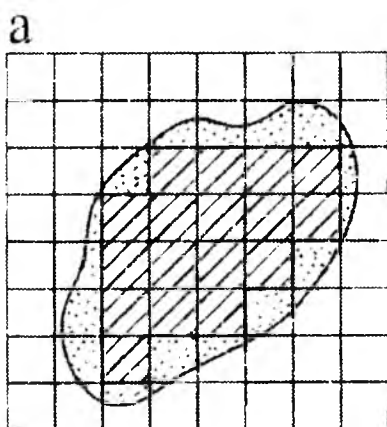
So'nggi yillarda yuza o'lchash amaliyotida avtomatlashgan qurilmalar qo'llanmoqda. Bunday qurilmaga misol qilib Yaponiyada ishlab chiqarilgan PLANIX-5, PLANIX-7 raqamli planimetrini ko'rish mumkin (8.4-shakl). Bu asbob bilan ishlashda avtomatik tarzda sanoqlar olinadi va yuza aniqlanadi. Ish natijalarini qog'ozga tushirilgan holda olish mumkin. Bunday planimetr bilan ishlash chegarasi eni 300mm gacha, bo'yi esa chegarasiz bo'ladi. Sanoqlar 8 xonali raqamlar bilan suyuqkristalli ekranda yozilishi, va yuzani o'lchash-hisoblash natijalari planimetr xotirasida saqlanishi mumkin. Yuza hisoblash ishlari planimetrdagi mikrokalkulyator yordamida $\pm 0,2\%$ aniqlikda bajariladi.



8.4-shakl. PLANIX-7 raqamli planimetrini ko'rinishi

Paletka yordamida yuzani hisoblash

Chegaralari egri chiziqdan tashkil topgan va yuzasi 2–3 kvadrat sm gacha bo'lgan mayda konturlar yuzasini hisoblashda paletkalar qo'llaniladi. Paletkalar parallel to'g'ri chiziqli va kvadrat bo'ladi. *Kvadrat paletka* – oralari 1 yoki 2 mm dan shaffof tselluloidda o'zaro perpendikular o'tkazilgan chiziqlar ko'rinishida bo'ladi. Perpendikulyar chiziqlar o'zaro kesishib kvadratlar to'rini (tomonlari 1×1 yoki 2×2 mm) hosil qiladi (8.5-shakl, a).



8.5-shakl. Paletka yordamida yuzani aniqlash:
a-kvadrat paletka; b- parallel chiziqli paletka.

Berilgan shakl yuzasi uning ichida joylashgan paletka butun kataklari soniga to'lamas kataklar sonini ko'z bilan chamalab aniqlab qo'shib, bitta katak qiymatiga ko'paytirib topiladi. Butun bo'lmagan kataklar sonini ko'z bilan chamalab hisoblanadi va bu o'lchash aniqligini pasaytiradi.

Yuzalarni parallel chiziqli paletkalar bilan aniqlash uchun shaffof tselluloid varaqchasiga 2 – 5 mm oraliqdan parallel chiziqlar chiziladi. Bunday paletka bilan yuzalar quyidagicha hisoblanadi. Yuzasi aniqlanadigan shaklga paletka shunday qo'yiladiki, uning eng chetdagi m va n nuqtalari parallel chiziqlar orasiga to'g'ri kelsin (8.5-shakl,b). Shunda shaklning butun yuzi parallel chiziqlar yordamida bir xil balandlikka ega trapetsiyalarga bo'linadi. Trapetsiyalar o'rtasidagi $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$ kesmalar uzunligi masshtabli chizg'ich bilan o'lchanadi. 8.5-b shaklda uziq chiziqlar bilan esa trapetsiyalarning asoslari ko'rsatilgan. Shunda trapetsiyalar yuzalari yig'indisi yoki hisoblanadigan shakl yuzasi quyidagicha topiladi:

$$S = a(l_1 + l_2 + \dots + l_n) = a \sum_{i=1}^n l_i. \quad (8.5)$$

l_i chiziqlarini umumiy uzunliklarini kurvimetr (6.6-shakl) yordamida aniqlash mumkin.

Paletka yordamida yuza o'lchashda natijalarni nazorat qilish va aniqlikni oshirish maqsadida yuza qayta o'lchanadi. Qayta o'lchashda paletka birinchi holatiga nisbatan taxminan 45° ga burilgan holda kontur yuzasi ustiga qo'yiladi.

8.4. Yuza aniqlash aniqligi

Yuza aniqlash usullarini taxlil qilganda aniqlik ko'rsatgichi ahamiyatga egadir.

Analitik usul eng to'g'ri usul bo'lib, joyda burchak o'lchash xatosi $\pm 1'$ va tomon uzunligini o'lchash xatosi 1:2000 bo'lganda, yuza hisoblash nisbiy xatosi 1:1500 bo'ladi.

Geometrik usulda kichik geometrik shaklning asosi va balandligining qiymatlari karta yoki plan masshtabiga bog'liq

bo'lad). Bu usulda yuza aniqlash xatosi quyidagi chegarada bo'lishi kerak:

$$f_s \leq 0.01 \frac{M}{1000} \sqrt{S_{ga}} \quad (8.6)$$

bunda: M – masshtab asosi, S_{ra} shakl yuzasi gektar hisobida.

Paletka bilan yuza aniqlash xatosi:

$$f_s \leq 0.04 \frac{M}{10000} \sqrt{S_{ga}} \quad (8.7)$$

Planimetr bilan yuza aniqlashdagi xato cheki:

$$f_s \leq 0.7c\sqrt{n + 0,05} \frac{M}{10000} \sqrt{S_{ga}} \quad (8.8)$$

bunda: c – planimetrning bo'lak qiymati, n – yuzasi aniqlangan shakllar soni.

Nazorat savollari:

1. Karta va planda yuza aniqlashning qanday usullari mavjud?
2. Joyda yuza aniqlashning qanday usullari mavjud?
3. Yuza aniqlashning geometrik va grafik usullarini mohiyati.
4. Yuza aniqlashning analitik usullarini mohiyati.
5. Paletka yordamida yuza aniqlash mohiyati va aniqligi.
6. Yuza aniqlash usullarining aniqligi qanday?

9. JOYDA BURCHAK O'LGHASH

9.1. Burchak o'lchash mohiyati

Geodezik ishlarda *gorizontal* va *vertikal* burchakni aniqlash kerak bo'ladi. Bunda istalgan kattalikdagi burchakni o'lchovchi geodezik asboblari qo'llanadi.

Joyda ikita yo'nalish orasidagi *gorizontal burchakni* o'lchash kerak bo'lsa, ushbu yo'nalishlarni gorizontal tekislikga proektsiyalangan holatida burchak o'lchanadi. Yer sirti notekis bo'lgani uchun burchakni tashkil qiluvchi tomonlar har xil balandlik yo'nalishida bo'lishi mumkin. Masalan 9.1-shakldagi B qirradagi gorizontal burchakni o'lchashimiz kerak.

Aniqlanuvchi gorizontal burchak (β) qiymati – gorizontal tekislik (Q)ga shovun chizig'i bo'yicha tushirilgan P va P_1 va joydagi fazoviy BA va BC tomonlari orqali o'tuvchi vertikal tekisliklar orasidagi farqqa teng.

Fazoviy BA va BC tomonlarining gorizontal tekislik (Q)dagi proektsiyasi ab va bc kesmalari bo'ladi. Ushbu kesma yo'nalishlari ikki qirrali abc burchakni hosil qiladi va quyidagiga tengdir:

$$\beta = a - c, \quad (9.1)$$

Gorizontal burchak (β) ning qiymatini o'lchash uchun markazi (ZZ') shovun chizig'iga mos keluvchi va gorizontal tekislik (Q)ga parallel bo'lgan gradus, minutlarga bo'lingan (b') doiradan foydalanamiz. Odatda bunday doira burchak o'lchash asboblari bo'ladi va *limb doirasi* deb ataladi.

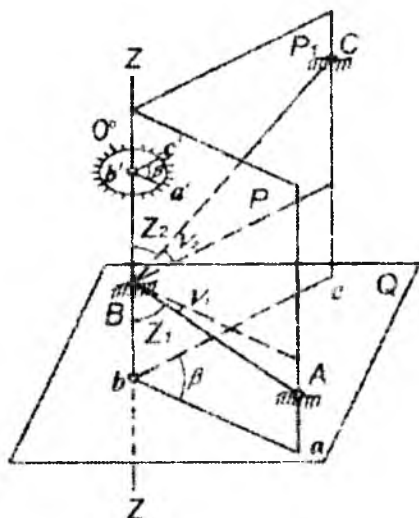
Fazoviy BA va BC tomonlari yo'nalishi ushbu doirada c' va a' sanoqlarini hosil qiladi. Bu sanoqlar asosida gorizontal burchak (β) qiymatini aniqlaymiz:

$$\beta = a' - c' \quad (9.2)$$

Gorizontal burchak o'lchashning ushbu geometrik prinsipi burchak o'lchashning geodezik asbobi – *teodolida* qo'llanadi.¹¹

¹¹ Teodolit so'zi yunoncha uchta so'z: tea-nazar, odos-yo'nalish va litos-tosh so'zlari yig'indisidan olingan.

Joydagi vertikal burchak vizirlash nuqtasiga (A yoki C) bo'lgan yo'nalishning vertikal tekisligi (P ёки P_1)da bo'ladi (9.1-shakl). B nuqtasidan A nuqtasigacha bo'lgan yo'nalishning vertikal burchagi v_1 , A nuqtasigacha bo'lgan yo'nalishning vertikal burchagi v_2 . Bu burchaklarni *qiyalik burchaklari* deb ham yuritiladi, bunga sabab odatda vertikal burchak turish nuqtasi (B)ning gorizont tekisligidan va kerakli nuqta (A yoki C)gacha bo'lgan yo'nalishgacha o'lchanadi.



9.1-shakl. Joyda burchak o'lchash sxemasi.

Gorizont tekisligidan yuqorida bo'lgan qiyalik burchak ishorasi musbat (ko'tarilish) bo'ladi. 9.1-shaklda v_2 burchak. Qiyalik burchagi gorizont tekislikdan pastda joylashgan bo'lsa, v_1 , ishorasi manfiy bo'ladi.

Ba'zi geodezik masalalarda vertikal tekislikdagi *zenit masofasi* deb nomlanuvchi burchakni o'lchash kerak bo'ladi. *Zenit masofasi* deb (ZZ) shovun chizig'i yo'nalishidan (A ёки C) nuqtasigacha bo'lgan yo'nalishning vertikal burchagi (z_1 yoki z_2) ga aytiladi.

Gorizont va vertikal burchak o'lchash metodikasini keyingi paragraflarda ko'rib chiqamiz.

9.2. Teodolit turlari

Teodolit joyda gorizontal burchak, vertikal burchak va masofa o'lchash imkoniyatiga ega geodezik asboddir.

Mavjud teodolit turlari aniqligi bo'yicha, soniq olish moslamasini, gorizontal doira va vertikal doirasini tuzilishi bo'yicha farqlanadi.

Gorizontal burchakni o'lchash aniqligi bo'yicha teodolitlar uch xil guruhlariga bo'linadi:

- *yuqori aniqlikdagi teodolitlar* – gorizontal burchak o'lchash o'rta kvadrat xatosi $\pm 0.5''$ dan $\pm 1.0''$ gacha;

- *aniq teodolitlar* – gorizontal burchak o'lchash o'rta kvadrat xatosi $\pm 2''$ dan $\pm 10''$ gacha;

- *texnik teodolitlar* – gorizontal burchak o'lchash o'rta kvadrat xatosi $\pm 15''$ dan $\pm 30''$ gacha.

Xozirgi kungacha teodolitlarni ishlab chiqarish uchta asosiy davrga bo'lindi. Asbobsozlikni *birinchi davri* o'tgan asrning o'rtalarida bo'lib, bunda TT-5 va TT-50-markali *metal limbli teodolitlar* ishlab chiqarilgan. TT belgisi *teodolit-taxeometr* ma'nosini, raqamlar esa gorizontal burchak o'lchash aniqligi ($\pm 5''$, $\pm 50''$)ni anglatadi.

Asbobsozlikni *ikkinchi davrida* o'tgan asrning 1970-yildagi davlat standartiga muvofiq tarzda ishlab chiqilgan optik teodolitlar quyidagi guruhlariga bo'lindi:

1. Yuqori aniqlikdagi teodolitlar – T 05 va T 1.

2. Aniq teodolitlar – T2, T 5.

3. Texnik teodolitlar – T 15, T30.

So'ngi yillarda T seriyasidagi teodolitlarni o'rniga ularni takomillashgan 2T, 3T va 4T seriyasidagi optik teodolitlar ishlab chiqilmoqda: 2T2, 3T2, 2T5, 3T5, 2T15, 4T15, 2T30, 4T30, 2T30II, 4T30II va x.z. «II» ko'rish trubasi predmet tasvirinotg'ri ko'rsatishini anglatadi.

Burchak o'lchash asbobsozligi rivojlanishining *uchinchi davrida elektron taxeometr (teodolit)lar* ishlab chiqarila boshlandi. Elektron taxeometrlar ham uch xil aniqlik gruxlarida ishlab chiqariladi.

Sanoq olish moslamasini tuzilishi bo'yicha vernerli, optik va elektron teodolitlarni farqlash mumkin. Vernerli sanoq olish moslamasi metall limbli teodolitlarda qo'llanadi. Optik teodolitlarda optik sanoq olish moslamasi o'rnatilgan: vertikal va gorizontal doiralardan sanoq olish uchun qarash trubasi okulyari yoniga maxsus mikroskop o'rnatilgan. Elektron taxeometrlarda yo'nalish bo'yicha olingan sanoq taxeometrning displeyli ekranida ko'rsatiladi.

Qayerda qo'llanishiga qarab teodolitlar quyidagicha farqlanishi mumkin:

1. Geodezik masalalarni yechish uchun qo'llanadigan asboblardir *teodolitlar*.

2. Taxeometrik s'yomkani bajaradigan (gorizontal va vertikal burchaklarni va masofalarni o'lchash imkoniyati bor) *taxeometrlar*.

3. *Maxsus teodolitlar*: kenglik, uzoqlik va azimut aniqlash uchun astronomik kuzatishlarda qo'llanadigan astronomik teodolitlar; tog' kon ishlarida qo'llanadigan marksheyderlik teodolitlari; lazerli teodolitlar, giroteodolitlar va x.z.

Teodolitni konstruktiv tuzilishi, qismlari va turlari bilan maxsus *geodezik asbobsizlik* fani shug'ullanadi. Aniq va yuqori aniqlikdagi asboblardir bilan ishlash haqida «geodeziya 2» va «oliy geodeziya» fanlari shug'ullangani uchun biz texnikaviy aniqlikdagi asboblardir haqida to'xtalamiz.

9.3. Teodolitning asosiy qismlari

Teodolitning qismlari tuzilishi va bajaradigan ishiga qarab, o'rnatilishi va ish qismlariga bo'linadi. Shtativ, shovun, taglik va adirlarlar – *o'rnatish qismlari*, ko'rish trubasi, limb, alidada va sanoq olish moslamalari-*ish qismlari* bo'ladi.

Teodolitni o'rnatish qismlari:

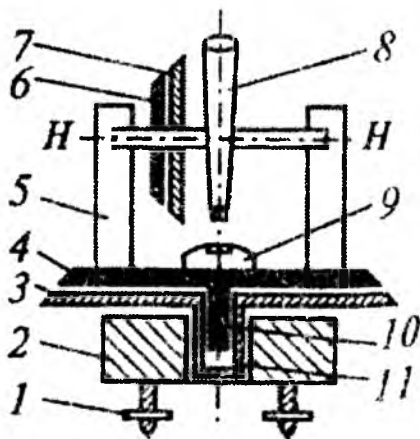
Shtativ – metall yoki yog'ochdan yasalgan yerdan birmuncha ko'tarilib, ishlash uchun qulaylik tug'diradi.

Shovun – oddiy va optik bo'ladi. Oddiy shovun – og'irligi 100 – 150 gr keladigan uchli metall qadoqtoshdan iborat.

Taglik (treger) – teodolitning ish qismini shtativga birlashuradi.

Adilak – geodezik asboblarning o‘qlarini gorizontai yoki vertikal holatga keltirish hamda ish paytida asbobning holatini kuzatish uchun xizmat qiladi. U silindrik va doiraviy bo‘ladi.

9.2-shaklda teodolitning umumiy tuzilish qismlari keltirilgan.



9.2 -shakl. Teodolitni umumiy tuzilish sxemasi:

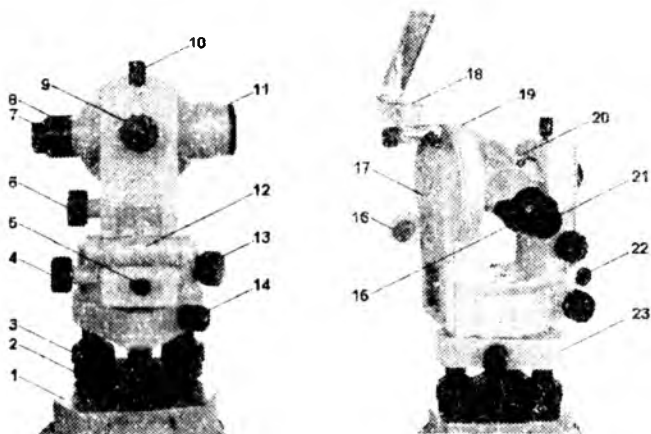
1-ko'tarish vinti, 2-ta'g'lik (treger), 3-gorizontai doira limbi, 4-gorizontai doira alidada, 5- tayanch, 6- vertikal doira alidada, 7-vertikal doira limbi, 8-ko'rish trubasi, 9-adilak, 10-limbni aylanish o'qi, 11-alidadani aylanish o'qi

Teodolitning ish qismlari:

Limb – teng qilib shtrixlarga bo‘lingan doira. Limb bo‘laklarining har 10° , 5° , yoki 1° qiymati soat strelkasi yo‘nalishi bo‘yicha 0° dan 360° gacha raqamlar bilan belgilangan.

Alidada – doira, o‘qi limb vtulkasi ichiga kirib turadi. Gorizontai va vertikal burchaklarni o‘lchashda bu burchaklar teodolitning gorizontai va vertikal doiralariga proektsiyalanadi va limbdan alidada ko‘rsatkichi yordamida sanoq olinadi.

Ko'rish trubasi – asosiy ish qismidan biridir. nuqtani aniq nishonga olish uchun xizmat qiladi. 9.3-shaklda 4T3OI optik teodolitning tuzilish qismlari keltirilgan.



9.3-shakl. 4T30N optik teodolitning tuzilish qismlari

1 – shtativning ustki qismi; 2 – taglik; 3 – ko'tarish vinti; 4 – alidadani yo'naltirish vinti; 5 – alidadani maxkamlash vinti; 6 – ko'rish trubasini yo'naltiruvchi vinti; 7 – ko'rish trubasini okulyari; 8 – ko'rish trubasidagi iplar to'ri plastinasini himoyalash qopqog'i; 9 – fokuslash vinti (kremalera); 10 – ko'rish trubasini maxkamlash vinti; 11 – ko'rish trubasini obyektivi; 12 – silindrik adilak; 13 – limb doirasini surish vintu; 14 – mahkamlash vinti; 15 – dioptriyl halqali sanoq olish mikroskopining okulyari; 16 – sanoq olish tizimiga yorug'lik yo'naltiruvchi ko'zgu; 17 – tayanch; 18 – orientir-bussol; 19 – vertikal doira; 20 – vizir; 21 – ko'rish trubasi okulyarining dioptriyl halqasi; 22 – silindrik adilakni sozlash vintlari; 23 – teodolit tagligi (treger).

9.4. Gorizontal doira va sanoq olish qurilmasi

Teodolit gorizontal doirasi berilgan yo'nalishlarga mos keluvchi gorizontal burchaklarni o'lchashga mo'ljallangan. U **limb va alidada** doiralaridan tashkil topadi.

Limb optik teodolitlarda gorizontal (vertikal) doiraning asosiy qismi bo'lib, u maxsus mashinalarda 0 dan 360°gacha shtrixlar tushirilgan shishasimon shafof halqadir.

Alidada olinadigan sanoqni konkretlashtirish moslamasi (shtrix yoki shkala)ga ega va limb ustiga ios tushirilgan, hamda u bilan bitta o'qda aylanish imkoniyatiga ega doiradir.

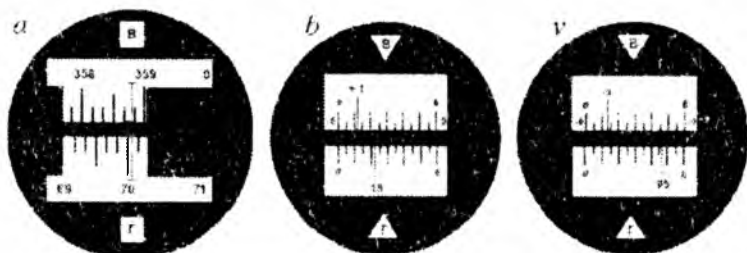
Alidada o'z o'qi atrofida teodolitni yuqori qismi bilan birga qo'zg'almas limbga nisbatan aylanashi mumkin. Bunday holda gorizontal doira sanog'i o'zgarib boradi. Agar alidada o'z o'qi atrofida limb bilan aylansa gorizontal doira sanog'i o'zgarmaydi.

Sanoq olish qurilmasi limb doirasidan berilgan yo'nalishga mos tarzda sanoq olishga mo'ljallangan bo'ladi. *Gorizontal doira sanog'i* deb limb doirasining nol shtrixi va alidadani indekslari orasidagi burchakli kattalikga aytiladi. Optik teodolitlarda sanoq olish uchun shtrixli va shkalali mikroskoplar, optik mikrometr va mikroskop- mikrometrlar qo'llanadi.

T30 teodolitlarida *shtrixli mikroskop* qo'llangan. Bunda mikroskopni ko'rish maydonida ham gorizontal doira sanog'i, ham vertikal doira sanog'i bir vaqtda ko'rinadi (9.4-shakl).

2T30, T5, 2T5 va T15 teodolitlarida *shkalali mikroskop* o'rnatilgan. Bunday mikroskopning ko'rish maydonida limbni gradusli tasviri va limbni kichik bo'lagi (odatda 1°) uzunligiga mos mos keluvchi alidada shkalasi tasviri ko'rinadi. Bu shkalada 0 va 6 raqamlari bilan belgilan 12 teng oraliq belgilangan. Sanoq olish indeksi sifatida shkala oralig'iga tushuvchi limbning *gradusli shtrixi* belgilanadi.

Shtrixli mikroskopda ko'rish maydonining o'rtasida qo'zg'almas shtrix bo'ladi va limb bo'yicha sanoq ushbu shtrixga nisbatan olinadi. (9.4-shakl, a). limbdan sanoq olishdan avval *limb bo'lak qiymatini* bilish zarur. T30 teodolitida limb bo'lak qiymati 10 burchak minuti ($10'$)ga teng, (sababi 1gradus oralig'i 6ta bo'lakga bo'linganligi). Sanoqdagi minutlar soni limb bo'lak qiymatini ko'z bilan chamalab olingan 10 dan biriga teng, ya'ni $1'$ ga teng bo'ladi.



9.4-shakl. Sanoq olish mikroskopining ko'rish maydoni:

a – *shtrixli mikroskop sanoqlari*: gorizontal doirada – $70^\circ 04'$ vertikal doirada – $358^\circ 48'$; b – *shkalali mikroskop sanoqlari*: gorizontal doirada – $18^\circ 22'$ vertikal doirada – $1^\circ 11,5'$; v – gorizontal doirada – $95^\circ 47'$, vertikal doirada – $-0^\circ 46,5 (v)$

2T30 va 4T30II teodolitlaridagi shkalali mikroskop ko'rish maydonida limb bo'lak qiymatini uzunligiga teng keluvchi shkala ko'rinadi. (9.4-shakl, b, v). Texnik aniqlikdagi shkala o'lchami va limb bo'lak qiymati 60'ga teng. Shkala 12 ta bo'lakga bo'lingan va uni kichik bo'lak qiymati 5'ga teng. Agar vertikal doiradagi limb gradus raqami oldida (-) belgisi yo'q bo'lsa sanoq 0 dan 6 ga qarab chapdan o'ngga hisoblanadi. (rasm 42, b). Agar limb gradus raqami oldida (-) belgisi bo'lsa, sanoq -0 dan -6 ga qarab o'ngdan chapga hisoblanadi (9.4-shakl, v).

Sanoqdagi minutlarning eng kichik soni ko'z bilan chamalab olingan limb bo'lak qiymatini 10 dan biriga teng, ya'ni 30''ga teng bo'ladi.

9.5. Vertikal doira

Vertikal doira asosan vertikal burchak (qiyalik burchagini va kerakli holatlarda zenit masofasini) o'lchash uchun qo'llanadi.

Teodolitning vertikal doirasi ham limb va alidadadan tashkil topadi (9.2-shakl). Vertikal doiraning limbi teodolit ko'rish trubasini yon tomoniga qo'zg'almas qilib o'rnatilgan va ko'rish trubasi bilan birga bitta o'qda aylanadi.

Limb doirasining bo'laklari 1^0 oraliqda (0^0 dan -180^0 gacha, yoki 0^0 dan -0^0 gacha) shtrixlangan bo'ladi.

Limbning 0^0 li shtrixini yo'nalishi ko'rish trubasini vizir o'qi bilan parallel bo'lishi kerak.

Aniq va yuqori aniqlikdagi teodolitlarda limbning 0^0 li shtrixini yo'nalishi gorizontal bo'lishini tahminlash maqsadida vertikal doiraga silindrik adilak o'rnatilgan bo'ladi.

T30 va T15 bazasidagi teodolitlarida vertikal doirada adilak bo'lmasdan uni funksiyasini gorizontal doiradagi silindrik adilak bajaradi.

Optik teodolitlardagi vertikal doiralarda asosan ikki xil shtrixlanish (doira shtrix qiymatlarini raqamlash) tizimi qo'llangan: azimutal (doiraviy) va sektorli.

Azimutal tizimda vertikal limb 0^0 dan -360^0 gacha yoki soat strelkasi yo'nalishida yoki soat strelkasiga teskari yo'nalishda shtrixlanadi. T15, T5 teodolitlarida azimutal tizim qo'llangan.

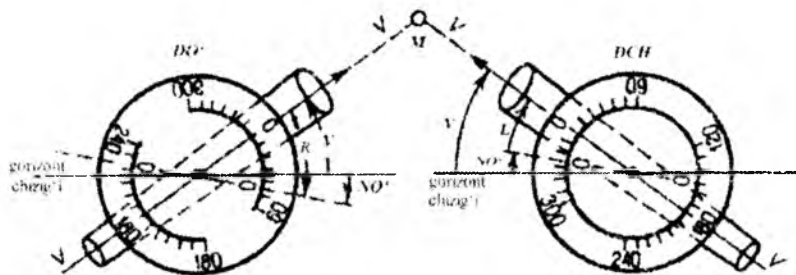
Sektorli tizimda vertikal limb to'rtta sektorga bo'linadi. Ushbu sektorlardan ikkita diametral qarama-qarshilari manfiy ishorada raqamlanadi. Qolgan ikki sektor esa musbat ishorada raqamlanadi. 2T30, T15K, 2T5 teodolitlarida sektorli tizim qo'llangan.

Nazariy jihatdan vertikal burchak (qiyalik burchagi) vertikal tekislikdagi ikkita yo'nalish orasidagi kattalikga tengdir.

Ushbu yo'nalishlardan biri ko'rish trubasining vizir o'qiga mos kelishi kerak. Ikkinchi yo'nalish esa vertikal doira alidadasini gorizont tekislik yo'nalishidagi 0 shtrixiga to'g'ri kelishi kerak.

Amaliyotda alidadan 0 shtrixi xamisha ham gorizont chizig'iga mos kelmay undan yuqori yoki pastga siljigan bo'lishi mumkin. Ushbu siljishga nol o'rni deyiladi va u NO' belgisida ko'rsatiladi.

9.5-shaklda vertikal doirada qiyalik burchagini o'lchash sxemasi ko'rsatilgan. Bunda: M – ko'rish trubasi yo'naltirilgan predmet nuqtasi, VV – ko'rish trubasining vizir o'qi, v – qiyalik burchagi, L – teodolitni «doira chap» holatida vertikal doiradan olingan sanoq, R – teodolitni «doira o'ng» holatida vertikal doiradan olingan sanoq, NO' – nol o'rni.



9.5-shakl. Vertikal doirada qiyalik burchagini o'lchash sxemasi ko'rsatilgan.

«Doira chap» holatdagi sanoq deganda teodolitning vertikal doirasini ko'rish trubasining chap tomonida joylashgan vaqtida

olingan sanoq tushuniladi. «Doira o'ng» holatida esa vertikal doira ko'rish trubasining chap tomonida turgan bo'ladi.

Odatda nol o'rni qiymati noma'lum bo'ladi va uni aniqlash uchun teodolitni «doira chap» va «doira o'ng» holatida vertikal doiradan L va R sanoqlari olinadi.

NO' va v – qiyalik burchagi bog'liqligini aniqlashda qanday ifodalarni qo'llash vertikal limbda qanday shkala bo'lishiga bog'liq.

Agar vertikal limb «azimutal» shkalali bo'lsa quyidagi formulalar o'rinlidir:

$$NO' = \frac{L + (R \pm 180^\circ)}{2}, \quad (9.3)$$

$$v = \frac{L - (R \pm 180^\circ)}{2}; \quad (9.4)$$

yoki

$$v = L - NO' = NO' - (R \pm 180^\circ). \quad (9.5)$$

Agar ushbu formulalar bilan hisoblashda R, L va NO' qiymatlari 90° dan kam bo'lsa, ularga 360° qo'shish kerak bo'ladi.

Vertikal limb shkalasi «sektorli» belgilangan bo'lsa hisoblashlar quyidagi formulalar orqali bajariladi:

$$NO' = \frac{R + L}{2}; \quad (9.6)$$

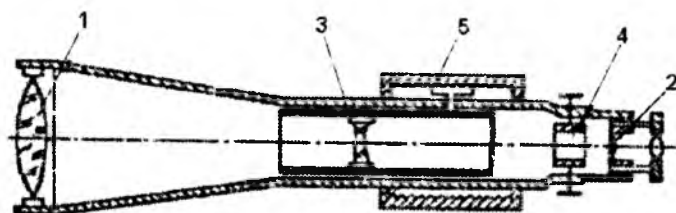
$$v = \frac{L - R}{2}; \quad (9.7)$$

$$v = L - NO' = NO' - R. \quad (9.8)$$

9.6. Ko'rish trubasi

Geodezik asboblarda shu jumladan teodolitda uzoqda turgan predmet nuqtasini kuzatish uchun «*Kepler*» ko'rish trubasidan foydalaniladi. Geodezik asboblarga odatda predmet tasvirini kattalashtirib to'ng'atilgan holda ko'rsatuvchi *astronomik* deb nomlanuvchi truba qo'yiladi.

Oddiy ko'rish trubalari ichki fokuslanuvchi bo'lib **obyektiv** va **okulyar** linzalardan tashkil topadi (9.6-shakl).

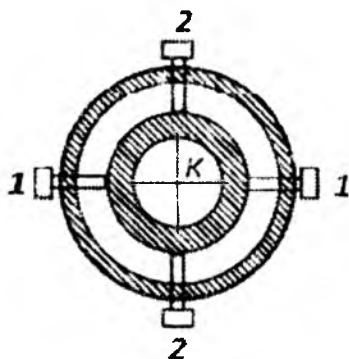


9.6-shakl. Qarash trubasini bo'ylama qirgimi:

1 – obyektiv; 2 – okulyar 3 – fokuslovchi linza; 4 – iplar to'ri; 5 – kremalera vinti.

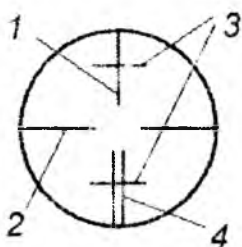
Truba obyektiv – 1 va okulyar – 2 linzalarining orasiga fokuslovchi ikki yoqlama botiq linza – 3 o'rnatiladi. Bu linza ko'rish trubasining ichida kremalera vintini – 5 ni burish bilan harakatga keltiriladi. Natijada obyektiv fokusi o'zgaradi, shu sababli ikki yoqlama botiq linzaga *fokuslovchi linza* deyiladi.

Ko'rish trubasining okulyar qismiga iplar to'ri chizilgan shisha plastinka o'rnatiladi. Iplar to'ri chizilgan plastina halqasini o'rnatish sxemasi 9.7-shaklda keltirilgan. Xalqa to'g'ri joylashtirilishi uchun ikkita gorizontall (1–1) va ikkita vertikal (2–2) vintlari ishlatiladi. Shakldagi *K* nuqtasi iplar to'rining markazi bo'lib, joydagi predmetning nuqtasining tasviri bilan ustma ust tushishi kerak.



9.7-shakl. Iplar to'r halqasini o'rnatish sxemasi

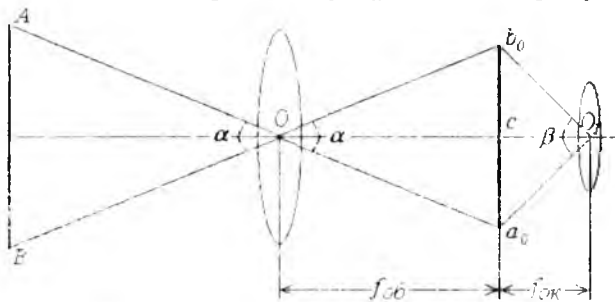
Teodolitlar turli maqsadlarda ishlatilishga rejalangani uchun iplar to'ri turli xil shakllarda bo'lishi mumkin. Ammo ularning shakli qanday bo'lmasin, quyidagi asosiy iplar (chiziqlar)dan iborat bo'ladi: vertikal ip, gorizontal ip, dalnomer iplari va bissektor iplari.



9.8-shakl. Ko'rish trubasining iplar to'ri
1-vertikal ip, 2-gorizontal ip, 3-dalnomer
iplari va 4-bissektor iplari

Ko'rish trubasining uchta o'qi bor: vizir, optik va geometrik o'q.

Obyektiv optik markazi bilan iplar to'ri markazini birlashtiruvchi chiziqqa vizir o'qi deyiladi. Obyektiv va okulyar optik markazlarini birlashtiruvchi chiziqqa optik o'q deyiladi. Ko'rish trubasining obyektiv va okulyar kismlarining ko'ndalang kesimlari markazidan o'tgan chiziqqa geometrik o'q deyiladi.



9.9-shakl. Ko'rish trubasining kattalashtirishini aniqlash sxemasi

Ko'rish trubasida kuzatilayotgan obyekt (nuqtani) aniq tasvirini hosil qilish uchun kremalera vinti buraladi, iplar to'rini aniq tasvirini hosil qilish uchun okulyar trubasi buraladi.

Ko'rish trubasi asosan kattalashtirib ko'rsatishi, ko'rish maydoni va ravshan ko'rsatish bilan xarakterlanadi.

Ko'rish trubasining kattalashtirish darajasi obyektiv fokus oralig'i fob bilan okulyar fokus oralag'i fok nisbaniga teng, ya'ni

$$\vartheta = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}, \quad (9.9)$$

Geodezik asboblarda ko'rish trubasining kattalashtirishi 15 karradan 60 karragacha va undan ham katta bo'lishi mumkin. T30 teodolitida $20\times$ ga teng.

Ko'rish trubasining qo'zg'almas holatida trubada ko'rinadigan fazoga ko'rish trubasining *ko'rish maydoni* deyiladi. U obyektiv optik markazi O dan chiquvchi va to'rtli diafragmani a_0b_0 tomonlari bilan chegaralanuvchi α burchak kattaligi bilan o'lchanadi (9.8 shakl), uning diametriga tayanadi. Ko'rish maydoni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{38,2^\circ}{\vartheta}. \quad (9.10)$$

formuladan ko'rinib turibdiki, trubani qo'rish maydoni ko'rish trubasining kattalashtirishiga teskari proportsional ekan. Geodezik asboblarda qarash trubasining ko'rish maydoni $30'$ dan 2° gacha bo'ladi. Ko'rish trubasi *ravshan ko'rsatishi bu vaqt birligida ko'rinuvchi tasvirning bir kvadrat milimetr maydondan kuzatuvchini ko'ziga keluvchi yorug'lik qiymatidir.*

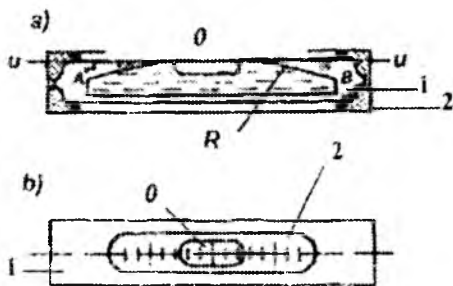
Trubani ravshan ko'rsatish qiymatini kattaligi obyektiv tirqishi kattaligi kvadratiga to'g'ri proportsional va ko'rish trubasini kattalashtirish darajasiga teskari proportsional bo'ladi. Tasvir ravshanligi pasaymasligi uchun geodezik ishlarda kattalashtirish darajasi katta bo'lmagan asboblarni qo'llash tavsiya etilmaydi.

9.7. Adilaklar

Barcha o'lchash asboblari *adilaklardan* asbob o'qlarini gorizontal yoki vertikal holatga keltirish uchun foydalaniladi. Geodezik asboblarda silindrik va doiraviy adilaklar ishlatiladi.

Silindrik adilak (9.10-shakl) metall g'ilof 2 ichidagi shisha naycha 1 dan iborat bo'ladi. Shisha naychaga 60°C gacha ilitilgan spirt yoki efir bilan to'ldiriladi va naycha uchi kavsharlanadi. Efir (spirt) sovushi natijasida havo pufakchasi hosil bo'ladi, bunga *adilak pufakchasi* deyiladi. Naycha o'rtasidagi O nuqtaga *adilak nol punkti*, bu nuqtadan o'tuvchi va adilak ichki sirtini

ko'rsatuvchi AB yoyiga urinma chiziq UU_1 ga **adilak o'qi** deyiladi.

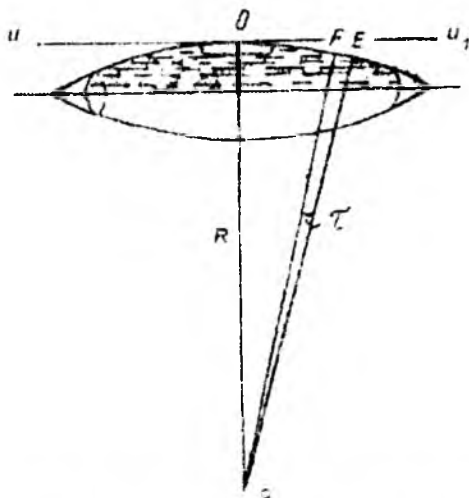


9.10-shakl. TSilindrik adilak:

a) qirg'ini; b) yuqori qismidan ko'rinishi

Shisha silindrik adilak naychasining sirtiga nol punktdan ikki tomonga 2 mm dan shtrixlar chiziladi. Adilak pufakchasining vaziyatini shu shtrixlardan bilish mumkin.

Adilak shkalasi bir bo'lagining burchak qiymati τ – **adilak bo'lak qiymati** deb ataladi (9.11-shakl). Geodezik asboblarda $\tau = 60'' \div 2''$ oralig'ida bo'ladi.



9.11-shakl. Adilak bo'lak qiymatini aniqlash sxemasi

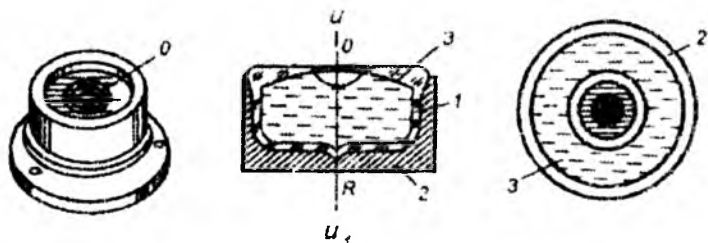
Adilak bo'lak qiymati τ quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\tau = \frac{l\rho''}{R}, \quad (9.11)$$

bu yerda: l – adilak shkala bo'lagining chiziqli uzunligi, R – adilak naychasining ichki qabaraqlik radiusi, ρ'' – burchakning radian qiymati, sekunda.

Adilak pufakchasini bir bo'lakka og'ishi adilak o'qini τ burchakka og'ishiga teng bo'ladi. R – qanchalik katta bo'lsa τ qiymati shunchalik kichrayadi va aksincha. Odam ko'zi ilg'ash darajasida adilak pufakchasini siljishiga *adilak sezgirligi* deyiladi.

Doiraviy adilak (9.12 shakl) metall g'ilof (2) ichidagi ichki yuzasi ma'lum egrilik radiusdagi silliqqlangan (3) sferik sathli shisha ampula (1)dan iborat bo'ladi. Shisha ampula 60°C gacha ilitilgan spirt yoki efir bilan to'ldiriladi.



9.12-shakl. Doiraviy adilak

Adilak nol punktiga o'tkazilgan urinma tekislikka nol punkt 0 dan o'tgan perpendikulyarga doiraviy adilak o'qi uu_1 deyiladi. Pufakcha doira markaziga to'g'ri kelganda adilak o'qi vertikal vaziyatda bo'ladi. Doiraviy adilak aniqligi yuqori emas. Lekin undan foydalanish ancha qulay, shu sababli doiraviy adilak asbob o'qlarini taxmiman $3' \div 5'$ aniqlikda gorizontal yoki vertikal holatga keltirish uchun ishlatiladi.

9.8. Teodolitni tekshirish

Teodolitlar ma'lum mexanik, optik va geometrik talablarga javob berishi kerak. Asbob eskirishi yoki shikastlanishi natijasida

uning qismlari ideal *sxemadan og'adi*. Shuning uchun teodolitni ma'lum vaqt oraliqlarida sinab va tekshirib, kamchiligi bor-yo'qligi aniqlab ko'riladi, aniqlangan nuqsonlar yo'l qo'yarli nuqsondan (xatodan) katta bo'lsa, ular bartaraf qilinishi kerak bo'ladi.

Teodolitni sinash deganda, uning ayrim qismlarini sifatiga baho berish tushuniladi. Sinash paytida teodolit ayrim qismlarini qo'yilgan talablarga mos kelishi-kelmasligi va detallarining benuqson ishlashi, limb bo'laklari qiymatlarining to'g'riligi, alidadaning ekstsentrisiteti yo'qligi, adilak pufakchasining o'rnidan erkin va ravon qo'zg'alishi, qarash trubasidan buyumning ravon ko'rinishi va h.k. lar aniqlanadi.

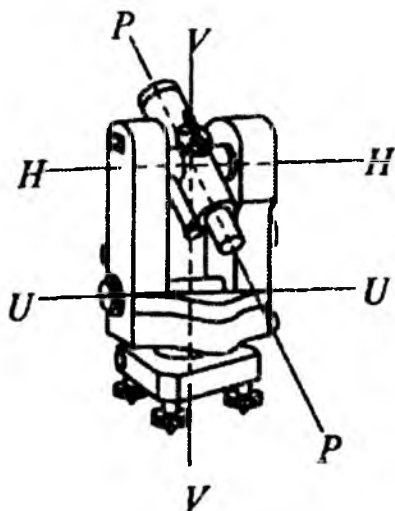
Teodolitni tekshirish deganda, uning tuzilish shartu bo'yicha, ayrim qismlari o'rtaidagi o'zaro geometrik nisbatlarini aniqlash tushuniladi. Aniqlangan kamchiliklarni bartaraf qilib, ayrim qismlarini o'zaro munosabatini keragicha moslashga teodolitni *sozlash yoki yustirovka qilish deyiladi*.

Teodolitni sinash geodezik asbobsozlikda yuqori va aniq teodolitlar bilan ishlashda bajariladi. Teodolitni sozlash va tekshirishdan oldin uni shatativga mustahkam o'rnatilganligini, limb, alidada, qarash trubasi o'qlari atrofida ravon aylanishini, qotirgich va yo'naltirish vintlari to'g'ri va beinalol buralishini aniqlash kerak.

9.13-shaklda Teodolit geometrik o'qlarining sxemasi keltirilgan, bunda VV – asosiy vertikal o'q; HH – qarash trubasini vertikal tekislikda aylanish o'qi; UU – adilak o'qi; PP – vizir o'qi

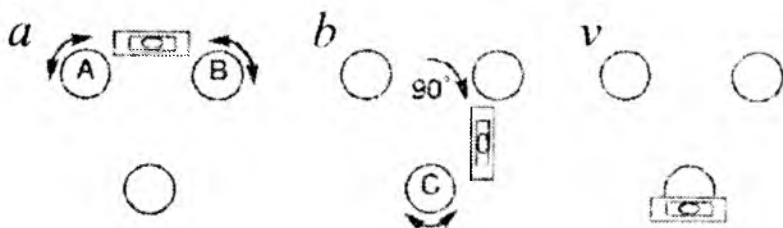
Teodolit geometrik o'qlari orqali uni tekshirish shartlari kelib chiqadi.

1-shart. Gorizonta doiradagi silindrik adilakning UU o'qi teodolitning asosiy o'qi VV ga perpendikuiyar bo'lishi kerak.



9.13 – shakl. Teodolit geometrik o‘qlarining sxemasi

Bu shartni tekshirishdan oldin *teodolit dastlabki ish holatiga keltiriladi*. Buning uchun alidada ustidagi silindrik adilak taglikni ikki ko‘targich vinti $A - B$ yo‘nalishiga parallel tarzda qo‘yiladi (9.14 – shakl, a) va bu vintlar bir vaqtda qarama – qarshi tomonga buralib adilak pufakchasi o‘rtaga keltiriladi. So‘ngra adilak shu ikki vint yo‘nalishiga perpendikulyar holatda qo‘yiladi (9.14 – shakl, b) va uchinchi C ko‘targich vintini burash bilan adilak pufakchasi o‘rtaga keltiriladi.



9.14-shakl. Teodolitning silindrik adalaki bilan ishlash sxemasi

Shundan so‘ng 1-shartni tekshirishga o‘tiladi. Buning uchun 9.13 – shakldagi a holat bo‘yicha silindrik adilak ikki ko‘targich

vinti $A - B$ yo'nalishiga parallel tarzda qo'yiladi. Gorizontal doiradan sanoq olinadi, alidadaning qotirgich vinti bo'shatilib sanoq olinadi, alidada qotirgich vinti bo'shatilib sanoq 180° ga o'zgartiriladi (9.15–shakl, v). Bu holatda adilak pufakchasi bir bo'lakdan ortiqcha og'masa yuqoridagi shart bajarilgan bo'ladi. Aks holda, adilakni shu ikkinchi holatida adilak tuzatgich vinti yordamida pufakcha yarim og'ishga o'rtaga keltiriladi. So'ngra tekshirish yana boshidan takrorlanadi, toki ikkinchi holatda adilak pufakchasi 1 bo'lakdan ortiqcha og'maydigan bo'lgunga qadar.

2-shart. Qarash trubasining vizir o'qi aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak, ya'ni PP o'qi HH o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak. Bu shartni bajarilmasligi *kollimatsion xatolikni* yuzaga keltiradi.

Ikkinchi shartni tekshirishdan oldin teodolit ish holatiga keltiriladi. Bu shartni tekshirish uchun teodolitdan ancha uzoqlikda aniq ko'rinadigan va qayta topish oson bo'lgan nuqtaga teodolit doira o'ng holatida vizirlanadi va gorizontal limbdan R sanoq olinadi, alidada qotirgich vinti bo'shatilib, teodolit qarash trubasi zenitdan o'tkazilib teodolit doira chap holatida yana shu nuqtaga qayta vizirlanadi va limbdan L sanoq olinadi.

Ishlatilayotgan teodolit markasiga qarab kollimatsion xatolik turli ifodalar orqali aniqlanadi. Masalan T30 teodoliti uchun kollimatsion xatolik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$C = \frac{L - R \pm 180^\circ}{2}. \quad (9.12)$$

T30II teodoliti uchun quyidagi ifoda o'rinli:

$$C = \frac{L + R}{2}. \quad (9.13)$$

Kollimatsion xatolik kattaligi teodolitning aniqligi (t)ni ikkilangan qiymatidan kichik bo'lmazligi kerak, ya'ni

$$c \leq 2t \quad (9.14)$$

Aks holda kollimatsion xatolikni tuzatish kerak bo'ladi. Kollimatsion xatolikni tuzatish uchun teodolitning doira chap holati bo'yicha alidada yo'naltirish vinti yordamida gorizontal limbda L' sanog'iga o'rnatiladi:

$$L'=L-C.$$

Bunda kuzatilayotgan nuqta iplar to'ringining markazidan chiqib ketadi va iplar to'ringining tuzatgich vintlarini burash orqali iplar to'ringining markazi kuzatilayotgan nuqta tasviri ustiga keltiriladi. Ishonch hosil qilish uchun tekshirish takrorlanadi.

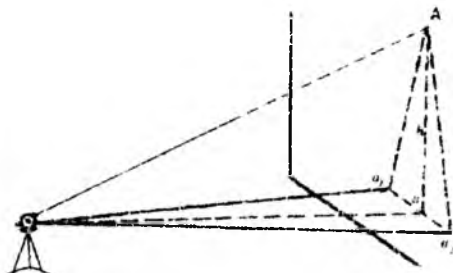
3-shart. Ko'rish trubasining gorizontaal aylanish o'qi teodolit vertikal (asosiy) o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak, ya'ni ya'ni HH o'qi VV o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak

Bu shartni tekshirish uchun binodan 30 – 40 m masofada teodolit o'rnatilib, ish holatiga keltiriladi. Teodolit doira o'ng holatida yuqorida joylashgan biron-bir A nuqtaga qaratiladi. Gorizontaal doiralar qotirilgan holatda, qarash trubasi taxminan gorizontaal holga keltiriladi va devorda A nuqtaning proektsiyasi a belgilanadi (5.15 – shakl). Teodolit doira chap holatida A nuqtaga vizirlanib nuqtani ikkinchi marta proektsiyasi olinadi. Agarda A nuqtaning doira o'ng va doira chap holatda olingan proektsiyalari ustma-ust tushsa yoki

$$\frac{a_1 a_2}{h} \leq \frac{1}{6000} \quad (9.15)$$

bo'lsa, shart bajarilgan hisoblanadi.

9.13-ifodada: (a_1, a_2) – doira chap va doira o'ng holatida olingan A nuqta proektsiyalari orasidagi chiziqli uzunligi; h – A nuqtadan shu nuqta proektsiyasi a gacha bo'lgan chiziqli uzunligi (9.15-shaklga qarang). Bu xatolikni maxsus ustaxonada tuzatish mumkin.



9.15-shakl. Ko'rish trubasining gorizontaal aylanish o'qini teodolit vertikal o'qiga perpendikulyarligini tekshirish sxemasi

4-shart. Iplar to'rini gorizontal ipi gorizontal, vertikal ip vertikal bo'lishi kerak (vertikal ip teodolit gorizontal o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak).

Teodolit ish holatiga keltiriladi, iplar to'rining markazi biron-bir nuqtaga vizirlanadi va alidada yoki limb yo'naltiruvchi vintidan foydalanib nuqta kuzatiladi. Kuzatish devomida nuqta tasviri gorizontal ipdan chiqmasa shart bajarilgan hisoblanadi (teodolitdan 30 – 40 metrda shovun osiladi, teodolit shovun ipiga vizirlanganda iplar to'rining vertikal ipi shovun ipi bilan ustma – ust tushsa, shart bajarilgan hisoblanadi) aks holda iplar to'rining plastinkasi buralib iplar to'ri tuzatiladi.

9.9. Elektron taxeometrlar

Elektron taxeometrlar gorizontal burchak, vertikal burchak, masofa uzualigi va nisbiy balandlik o'lehashlarini bajaradi.

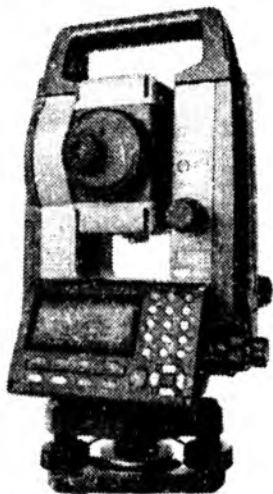
Hozirgi vaqtda geodezik asboblار bozorida elektron taxeometrlar keng miqyosda taqdim etilmoqda. Sokkia, Trimble, Topcon, Nikon, Pentax, Leica, Gcomax eng mashxur ishlab chiqaruvchi korxonalar hisoblanadi. Ular texnik va ekspluatatsion tavsiflari bilan bir-biridan farq qiluvchi turli turdagi geodezik asboblarni taklif qilishmoqda.

Taxeometrlar ishlash prinsipiga ko'ra uch xil bo'lishi mumkin: optik, raqamli va avtomatlashtirilgan. Ular nurqaytargich bilan ishlovchi yoki nurqaytarg'ichsiz ishlovchi bo'lishi mumkin.

20-rasm 80-yillarida ishlab chiqarilgan. Dastlabki taxeometrlarida masofa o'lehash, yo'nalishi va burchaklardan sanoq olish jarayoni avtomatlashtirildi. O'lehash natijalari elektron tabloga chiqarildi, lekin ularni asbobning xotirasida saqlash mumkin emas edi. Ularga o'rnatilgan mikroprotsessor boshqarish, tekshirish vazifasini va oddiy: qiya masofaning gorizontal qo'yilishi, nisbiy balandlik va koordinatalarni aniqlash kabi hisoblash operatsiyalarini amalga oshiradi.

80-yillar oxiri va 90-yillarning boshida keyingi avlod taxeometriari ishlab chiqarildi. Ularda o'lehash natijalarini ma'lumotlarni jamlovchi qurilmaga yozish, keyinchalik bu

ma'lumotlarni interfeys qurilma (adapter) yordamida kompyuterga uzatish, hamda klaviatura yordamida taxcometr ga harfli-raqamli ma'lumotlarni yozish imkoniyatlari bor.



9.16-shakl. SOKKIA IM-105L elektron taxcometrning ko'rinishi

90-yillarning oxiridan hozirgi kungacha ishlab chiqarilayotgan taxcometrlari doimiy xotiraga ega bo'lib, qo'shimcha interfeys qurilmasiz taxcometrdan ma'lumotlarni personal kompyuterga va aksincha bog'lanish imkoniyatiga ega. Bunday asboblarda jadvali funksiyasini bajaradi va dalada unumli ishlash imkonini bajaruvchi yordamchi dasturlarga ega, masalan, nuqtalarni joyga ko'chirish dasturi; borib bo'lmaydigan obyektni balandligini aniqlash; teskari kesishtirishni bajarish; takrorlash usuli bilan burchak o'lchash; burchak va masofa bo'yicha siljitish bilan o'lchashlar va h. o.

Zamonaviy taxcometrlar lazerli shovun va ma'lumotlarni 3 metrdan uzoq bo'lmagan kompyuterga kablesiz uzatish uchun infraqizil portga ega.

Elektron taxcometrlarni qacarda ishlatilishiga qarab uch xil gruxga ajratish mumkin: injenerlik, qurilish uchun va texnikaviy elektron taxcometrlari.

Injenerlik taxeometrlari yuqori aniqlikdagi o'lchov asbobi bo'lib, bunday asboblardan har qanday sharoitda o'lchashlarni bajarish mumkin.

Qurilishda ishlatiluvchi taxeometrlar aniq asboblardan guruhiga tegishli bo'lib, nurqaytargich bilan ishlovchi yoki nurqaytargichsiz ishlovchi bo'lishi mumkin.

Texnikaviy taxeometrlar oddiy masalalar uchun qo'llanadi. Ularni ishlatishda albatta nurqaytargich bo'lishi shart.

Elektron taxeometrlar fazali yoki impulsli usulda ishlatilishi mumkin. Fazali o'lchashlarda tarqatiluvchi nur (to'lqin) fazalari farqi o'lchanadi. Impulsli o'lchashda esa nurni qaytargichgacha borish va kelish vaqti o'lchanadi. O'lchanadigan masofa uzunligi nurqaytargich bilan 1,5 km gacha, nurqaytargichsiz 0,5 km gacha o'lchanishi mumkin.

9.9.1. Elektron taxeometr tuzilishi

Elektron taxeometrlar uchta tarkibiy qismdan iborat bo'ladi:

- Optik qism;
- Mexanik qism;
- Elektron qism.

Taxeometrni Optik, Mexanik va xatto Elektron qismlarini tuzilishi optik-mexanik va optik-elektron teodolitlariga o'xshash bo'lib, vaqt o'tishi bilan ishlabchiqaruvchilar tomonidan yaxshilanib boradi.

Quyidagi ikki ahamiyatli qism elektron taxeometrlarni farqlash imkonini beradi:

- Fazali yoki impulsli usulda infraqizil svetodiodli yorug'lik dalnomeri bilan masofa o'lchash va natijani suyuq kristalli displayga uzatish usullari;
- Elektron-raqamli hisoblash qurilmali dastur, natijalarni display ekranida yoritish imkoniyatlarini beruvchi ish rejimlari.

Bunday elektron taxeometrlar tarkibida o'zaro bog'langan to'rtta tizim mavjud:

- orientirlash tizimi
- yo'naltirish tizimi;
- o'lchash tizimi;

- barcha geodezik o'lchash jarayonlarini boshqarish va tashkillashtirish tizimi.

Orientirlash tizimiga o'zaro bog'liq elementlarning, mexanik bog'lanmalarning, adilaklar, shovun yo'nalishi moslamalari, kompesatorlar va mustahkamlash mexanizmlarining o'qlarini geometriyasi kiradi.

Yo'naltirish tizimiga ko'rish trubasi va mahkamlash-yo'naltirish mexanizmlari kiradi.

O'lchash tizimiga gorizontal va vertikal doiralardagi limbdan sanrq olish tizimlari va burchak qiymatini raqamli ko'rinishga keltirish moslamasi, masofa uzunligini o'lchash va qiymatini hisoblash mexanizmi kiradi.

Boshqarish tizimiga ekranli displey, masalani yechish uchun rejim tanlash va uni boshqarishga kerakli elektron hisoblash hamda dasturlash ta'minoti kiradi.

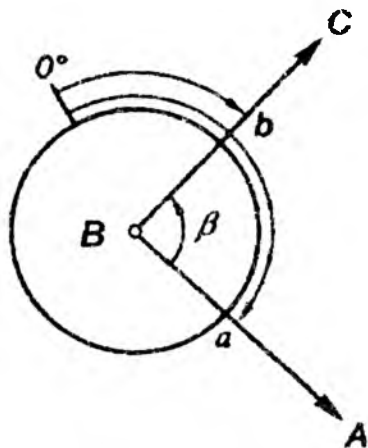
Har qanday geodezik o'lchov asboblari kabi elektron taxeometrlar ham *tekshirilishi* va zarur holatda tuzatilishi kerak.

Elektron taxeometrlarni opuk – mexanik qismlarini tekshirish optik teodolitlarni tekshirish kabi bajariladi va quyidagilardan tekshirishdan iboratdir: *Slindrik* va doiraviy adilak holatini, kollimatsiya xatosini; nol o'rmini, iplar to'rini, taxeometr optik shovunini, dalnomer doimiysini.

9.10. Gorizontal burchak o'lchash

Burchak o'lchashda ko'pchilik hollarda priyomlar yoki doiraviy priyomlar usullaridan foydalaniladi. Bitta burchakni (ikki yo'nalish orasidagi burchakni) o'lchashda priyomlar usulidan, uch va undan ortiq yo'nalishlar orasidagi burchaklarni o'lchashda doiraviy priyomlar usulidan foydalaniladi.

Priyomlar usulini – «priyomlarga bo'lib o'lchash usuli» deb ham yuritishadi. Bunday nomlanishga sabab – aniqlanishi kerak bo'lgan burchak qiymati teodolitni ikki xildagi holatida (doira chap «DCH» va doira o'ng «DO'» holatida) alohida aniqlanadi. Ushbu qiymatlarni arifmetik o'rtasi yakuniy natija sifatida qabul qilinadi.



9.17– shakl. Gorizontaal burchakni priyomlar usulida oʻlchash sxemasi

ABC burchakni oʻlchash uchun teodolit burchak uchi B nuqtaga oʻrnatiladi (9.17-shakl), limb doirasi qotirilib, alidada boʻshatilib qarash trubasi oʻng qoʻldagi (orqa) A nuqtaga vizirlanadi. Aniq vizirlashda alidada yoʻnaltirish vintidan foydalanadi, gorizontaal doiradan a sanoq olinadi. Soʻngra alidada vinti boʻshatilib qarash trubasi chap qoʻldagi (oldingi) C nuqtaga vizirlanadi (aniq vizirlashda alidada yoʻnaltirish vintidan foydalaniladi), gorizontaal doiradan b sanoq olinadi. Shakldan koʻrinib turibdiki, yoʻnalishlar orasidagi gorizontaal burchak sanoqlar farqiga teng, yaʼni

$$\beta = a - b$$

$a < b$ boʻlsa, a sanoqqa 360^0 qoʻshib, soʻngra hisoblash bajariladi. Bu oʻlchashga *yarim priyom* deyiladi. Oʻlchash natijasini tekshirish maqsadida *vertikal doira* ikkinchi holatga qoʻyiladi (birinchi yarim priyomda doira oʻngda boʻlsa, doira chap holatga oʻtkaziladi va aksincha).

Optik teodolitlarda limb doirasidagi sanoq taxminan $5-10^0$ ga oʻzgartiladi. Buning uchun limb qotirilgan holda alidada boʻshatilib, teodolit $5-10^0$ ga buriladi, soʻngra alidada qotirilib, limb boʻshatilib, qarash trubasi A nuqtaga vizirlanadi (aniq vizirlashda ixtiyoriy yoʻnaltiruvchi vintdan foydalaniladi),

limbdan sanoq olinadi. Alidda vinti bo'shatilib, qarash trubasi C nuqtaga vizirlanadi, limbdan b' sanoq olinadi, gorizontal burchak *ikkinchi yarim priyom* bo'yicha hisoblanadi:

$$\beta' - a' - b'$$

Bu ikki o'lchashga *to'liq priyom* deyiladi. Agarda yarim priyomlar bo'yicha o'lchangan burchaklar farqi teodolitning ikkilangan aniqligidan kichik yoki unga teng bo'lsa, ya'ni

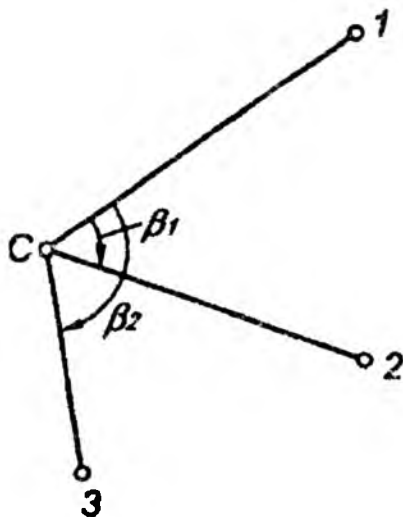
$$\beta' - \beta \leq 2t$$

Unda o'lchangan burchak ikki yarim priyomlar burchaklarini o'rtachasiga teng bo'ladi:

$$\beta_{\text{ort}} = \frac{\beta' + \beta}{2}$$

Doiraviy priyomlar usuli. Burchak o'lchash amaliyotida bitta nuqtada bitta burchak emas, bir necha burchakni o'lchashga to'g'ri keladi. Masalan, bunday holat teodolit va taxometrik yo'llarini geodezik tayanch to'rlarga bog'lash jarayonida bo'lishi mumkin

Teodolit burchaklar uchi C nuqtaga o'rnatiladi (9.18-shakl).



9.18-shakl. Doiraviy priyomlar usulida burchak o'lchashsxemasi

Boshlang'ich yo'nalish 1 nuqtaga vizirlanib gorizontol doiradan a sanoq olinadi. So'ngra alidada bo'shatilib, soat milining yo'nalishida qolgan nuqtalar yo'nalishidan sanoqlar olinadi b, c . Teodolit to'liq doira bo'yicha aylantirilib, yana boshlang'ich yo'nalishiga 1 nuqtaga qaratiladi va yana sanoq olinadi a' . Bunday qilishdan asosiy maqsad limbnı qo'zg'almas holda turganligiga (burchak o'lchash jarayonida limb yo'naltirish vintiga tegilmaganligiga) ishonch hosil qilishdan iborat.

Agarda $a - a' \leq 2t$ bo'lsa, ya'ni boshlang'ich yo'nalishdan olingan boshlang'ich va oxirgi sanoqlar farqi teodolitning ikkilangan aniqligidan kichik bo'lsa, limb doirasi qo'zg'almagan deb hisoblanadi. Shundan so'ng yo'nalishlar orasidagi gorizontol burchaklar ixtiyoriy kombinatsiyada hisoblab topilishi mumkin:

$$\beta_1 = b - a$$

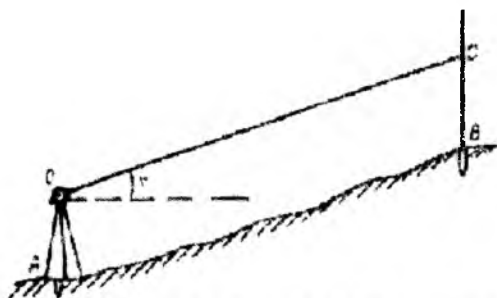
$$\beta_2 = c - a$$

Bu o'lchash birinchi yarim priyomni tashkil etadi. Ikkinchi yarim priyomni boshlashdan oldin, limb doirasi siljiriladi, qarash trubasi zenitdan o'tkazilib, vertikal doiraning ikkinchi holatida soat milining teskari yo'nalishida o'lchash takrorlanadi.

Ikkinchi holatda o'lchangan burchaklar bilan birinchi holatda o'lchangan burchaklar farqi teodolitning ikkilangan aniqligidan, ya'ni $2t$ dan kichik bo'lsa, burchaklarning o'rtacha qiymati olinadi. Aks holda o'lchash takrorlanadi.

9.11. Vertikal burchak o'lchash

Vertikal burchak teodolit yordamida o'lchanadi. Qiyalik burchagini o'lchashda teodolit (A) nuqtasining ustiga o'rnatiladi, ish holatiga keltiriladi (9.19-shakl). Predmet nuqtasi (B) ga vizirlanib vertikal doiradan sanoq olinadi. Vizirlash momentida vertikal doiraning silindrik adalak pufakchasi o'rtağa keltirilgan bo'lishi kerak. Texnik teodolitlarda (T30 teodolitida) vertikal doirada silindrik adalak bo'lmaganligi sababli vertikal doiradan sanoq olishdan oldin gorizontol doirada o'rnatilgan adalak pufakchasi o'rtağa keltiriladi.



9.19-shakl. Vertikal burchak o'lchash sxemasi

Vertikal doiradagi NO' xatosini o'lchangan natijaga ta'sir etishini inobatga olib sanoq olish doira chap (Dch) holatida va doira o'ng holatida bajariladi. O'lchash natijalari «vertikal burchak o'lchash jadvali»ga tushiriladi va kerakli natijalar hisoblanadi. Vertikal burchak qiymati (9.4) yoki (9.5) formula bilan hisoblanadi.

9.1-jadvalda A nuqtaga nisbatan C nuqtaciga bo'lgan yo'nalish qiyalik burchagini o'lchash namunasi keltirilgan.

O'lchangan burchakning ishorasi musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin.

Vertikal burchakni to'g'ri o'lchanganligi NO' ni doimiyliги bilan nazorat qilinadi. NO' lar farqi teodolit sanoq olish moslamasining ikkilangan aniqligidan katta bo'lmisligi kerak.

9. 1-jadval

Vertikal burchak o'lchash jadvali

sana. 29.06.2017-y

kuzatuvchi: A. Sanayev

teodolit T30, № 180256

hisoblovchi: R. Komilov

turish nuqtasi	vizirlash nuqtasi	vertikal dora holati	vertikal doira sanog'i	no'l o'rni (no')	qiyalik burchagi
1	2	3	4	5	6
A	C	DCH	$5^{\circ} 31' (1)$	$0^{\circ}00.5'(3)$	$+5^{\circ}30.5'$
		DO'	$175^{\circ}29' (2)$		

Nazorat savollari:

1. Burchak o'lchashning mohiyati nimadan iborat?
2. Teodolit turlari va uning asosiy qismlarini tushuntirib bering. Gorizontal doira va undagi sanoq olish qurilmalari qanday tuzilgan?
3. Gorizontal doira va undagi sanoq olish qurilmalari qanday tuzilgan?
4. Necha xil ko'rish trubalari mavjud?
5. Qo'rish trubasi gorizontal o'qda aylanishi natijasida hosil qilgan vertikal tekislikka qanday tekislik deyiladi?
6. Teodolitni qanday tekshirish shartlari bor?
7. Gorizontal burchak o'lchashni qanday usullari bor?
8. Vertikal burchak qanday o'lchanadi?

10. JOYDA MASOFA O'LGHASH

10.1. Masofa o'lchash usullari

Joyda masofa uzunligini bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) va bivosita (*vositali*) usulda o'lchash mumkin.

Bevosita o'lchash usulida masofa o'lchov asbobi bilan to'g'ridan – to'g'ri o'lchanib, uzunligi aniqlanadi.

Bivosita o'lchash usulida masofa uzunligini o'lchash asbobi yordamida to'g'ridan-to'g'ri o'lchamasdan biror boshqa bevosita o'lchash natijalaridan foydalanib matematik formulalar asosida hisoblab topiladi. Bunday usulga misol tarzida masofa o'lchashning paralaktik usulini ko'rishimiz mumkin.

Bajarilayotgan geodezik ishning turi va maqsadiga qarab, o'lchash sharoiti va aniqlik talabiga qarab joydagi masofa uzunligini o'lchashda u yoki bu usul qo'llanadi.

10.2. Masofani bevosita o'lchash asboblari va ularni tekshirish

Masofani bu usulda o'lchash uchun po'lat lenta, po'lat yoki yumshoq material (fibreglas)dan tasmali ruletka ruletka va invar¹² simdan foydalaniladi. Po'latdan yasalgan o'lchov asboblari yordamida masofani 1:1000–1:25000 aniqlikda, invardan yasalgan asboblardan yordamida 1:25000–1:1000000 aniqlikda o'lchash mumkin.

Masofa o'lchash amaliyotida ko'proq J3 markali po'lat lenta va TP markali po'lat ruletkalardan foydalaniladi.

Po'lat lenta uzunligi 20, 24 yoki 54 m, qalinligi 0,3–0,5 mm va eni 15–20 mm bo'lgan po'lat tasmadan iborat. Po'lat lentalar shtrixli (10.1-shakl, a) yoki shkalali (10.1-shakl, b) bo'ladi.

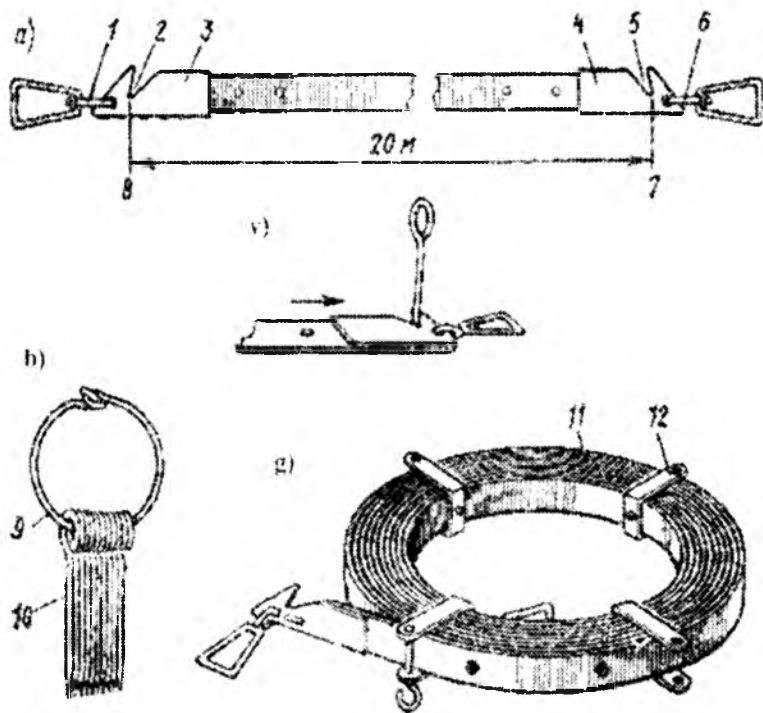
Shtrixli lentaning boshlang'ich (O) shtrixiga ilgak shaklida kesik qilingan, masofa o'lchanayotganda shpilkasi (temir qoziqcha) shu kesikka kiritiladi. Har bir po'lat lentaning 6 yoki 11 ta shpilkasi bo'ladi (10.1-shakl, v). Lentaning har bir metri

¹² Invar – harorat ta'siridan kengayishi juda kichik bo'lgan 64% temir va 34% nikel qorishmasi.

tunukachalar bilan, yarim metrli bo'laklari chegalar bilan, detsimetrleri esa teshikchalar bilan belgilangan. Lentaning ikki uchida dastasi bor. Lentanning ikkala tomoni chiziqlar bilan 20 teng qismga bo'linib, 0 dan 20 gacha raqamlar bilan ko'rsatilgan. Uning bir tomonidagi raqamlar to'g'ri io'nalishda, ikkinchi tomonidagi raqamlar esa unga qarama-qarshi yo'nalishda yozilgan.

Shkalali lentaning ikkala uchida millimetrlarga bo'lingan shkalasi bor. Shkalali lenta masofani aniqroq o'lchashda ishlatiladi.

Po'lat lentani olib yurish oson bo'lishi uchun u temir halqa ustiga o'ralib, qisqichlar bilan qisib mahkamlanadi (10.1- shakl).



10.1- shakl. Po'lat lenta: a-po'lat lentani umumiy ko'rinishi, b-po'lat lenta shpilkalari; v-lenta boshini shpilka bilan belgilash; g-lenta o'rami.

Ruletkalar uzunligi 10 , 20 , 50 va 100 m keladigan tasma yoki po'lat lentadan iborat bo'ladi va dasta yordamida dunialoq shakldagi quti ichiga o'raladi(10.2-shakl). Ruletkaning lentasi chiziqlar bilan metr, santimetr va millimetrlarga bo'lingan. Tasmali ruletka har gal ishlatilganidan so'ng quritilishi kerak, aks holda o'lchashi o'zgarishi va tezda yirtilishi mumkin. Po'lat lentali ruletka esa ishlatilgandan keyin zanglamasligi uchun artib, moylab qo'yiladi.



10.2-shakl. Geodezik metall ruletkalar



10.3-shakl. Geodezik fibreglas ruletkalar

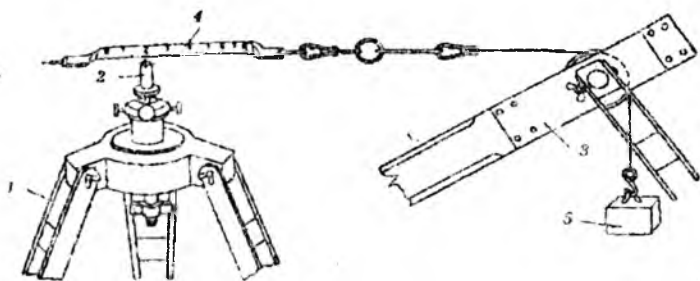
Masofalarni juda aniq o'lchashda invar lenta va po'lat yoki invar sim ishlatiladi. Bu lenta va simning ikkala uchida millimetrlarga bo'lingan shkalasi bor. Masofani o'lchash paytida lenta yoki sim o'lchanadigan masofada to'g'ri chiziq bo'yicha o'rnatilgan shtativ yoki qoziqlar ustidan tortiladi va ikkala uchiga biriktirilgan qadoqtoshlar yoki dinamometr yordamida taranglatib

qo'yiladi (10.4-shakl). Shtativ yoki qoziqlar oralig'i bir necha marta o'lchanib o'rtacha uzunlik hisoblab chiqariladi.

Bu asboblardan tashqari, masofani aniq o'lchaydigan bazis asboblari deb ataladigan BII-1, BII-2 va BII-3 asboblari ham ishlatiladi.

Ishlatishdan oldin masofa o'lchash asboblari tekshirilishi, ya'ni uzunligi ma'lum bo'lgan maxsus asbobga – *komparatorga* taqqoslanishi kerak. Komparatorlar maxsus laboratoriyalarda bo'ladi. Po'lat lentalar qattiq yog'ochdan yasalgan tekis to'sin ko'rinishidagi va ikkala uchiga shkalalar qilingan komparator yordamida tekshirilishi mumkin. Bunda po'lat lenta komparator ustiga qo'yilib, uzunligi aniqlanadi, bunga *komparirlash* deyiladi.

Komparator bo'lmagan taqdirda uzunligi komparatorga taqqoslab oldindan tekshirib qo'yilgan normal uzunlikdagi lentadan komparator o'rniida foydalaniladi. Masofani o'lchaydigan po'lat lenta normal uzunlikdagi lentadan uzunroq yoki kaltaroq bo'lishi mumkin. Bu farq po'lat lentaning xatosi deyiladi.



10.4-shakl. Invar sim bilan masofa o'lchash:

1 – shtativ; 2 – tselik; 3 – blok; 4 – shkala; 5-yuk

Agar normal lentaning uzunligini l_0 bilan, tekshirilayotgan po'lat lentaning uzunligini l bilan taqqoslasak, lentaning xatosi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta l = l - l_0. \quad (10.1)$$

Po'lat lentani komparirlash uchun kiritiladigan tuzatish quyidagi formula bo'yicha hisoblab chiqariladi:

$$\Delta D_k = \frac{D}{l} \Delta l; \quad (10.2)$$

bu yerda: D – joyda o‘lchangan masofa. Masofani o‘lchashda, odatda, 2 mm dan katta xato e‘tiborga olinadi.

Po‘lat lentani komparirlash vaqtidagi havoning temperaturasi bu lenta bilan masofani o‘lchash paytidagi havo temperaturasidan farq qilsa, o‘lchab topilgan masofaga tuzatish kiritiladi. Temperaturaning o‘zgarishiga qarab kiritiladigan tuzatish quyidagi formula bo‘yicha topiladi:

$$D_t = D\alpha(t_{o'lich} - t_{komp.}); \quad (10.3)$$

bu yerda: α – po‘latning issiqlik ta‘siridan kengayish ko‘effitsenti bo‘lib, $0,0000125$ ga teng;

$t_{o'lich}$ – masofani o‘lchash vaqtidagi temperatura;

$t_{komp.}$ – lentani komparirlash vaqtidagi temperatura

Misol. $D = 315,85\text{ m}$; $t_{komp.} = \pm 10^\circ$ $t_{o'lich} = +32^\circ$.

$$\begin{aligned} \Delta D_t &= 0.0000125 \times 375.85(32 - 10) = 0.0047 \times 22 \\ &= +0.1034 \approx +0.1\text{ m} \end{aligned}$$

Misoldan ko‘rinishicha, temperatura farqi katta bo‘lganda ham masofaga kiritiladigan tuzatish juda kichik, ya‘ni o‘lchangan masofaning taxminan $1/3750$ hissasiga teng bo‘lar ekan.

Agar temperatura farqi 15° bo‘lsa, tuzatish $1/6000$ ga teng bo‘ladi. Umuman lentani taqqoslash vaqtidagi temperatura bilan masofani bu lenta bilan o‘lchash paytidagi temperatura farqi $\pm 8^\circ$ dan katta bo‘lsa e‘tiborga olinadi.

100 m va bundan qisqa masofalarni 20 m li po‘lat lenta bilan o‘lchaganda chiziqlarning ortib qolgan 20 m dan qisqa qismini po‘lat ruletka bilan o‘lchagan ma‘qul.

Har qanday o‘lchashlarda xato bo‘ladi. Shuning uchun masofaning to‘g‘ri yoki noto‘g‘ri o‘lchanganligini bilish hamda o‘lchash aniqligini oshirish maqsadida har bir masofa ikki marta (to‘g‘ri va teskari yo‘nalishda yoki ikkita asbob bilan) o‘lchab tekshirib ko‘riladi. Ikki marta o‘lchash natijalarining farqi *o‘lchash xatosi* deb yuritiladi.

Turli sharoitlarda masofani po‘lat lenta bilan o‘lchashdagi *nisbiy xato cheki* tajriba yo‘li bilan belgilangan. O‘lchash juda qulay joylar (shosse, trotuar, tekis yo‘l va boshqalar) uchun

belgilangan chekli nisbiy xato – 1:3000; o'lchash qulay joylar (maysazor, haydalgan yer va boshqalar) uchun 1:2000; o'lchash noqulay joylar (butazor, ariq, zovur va jarliklar bo'lgan joylar, past-baland joylar, tog' yonbag'irlari va hokazolar) uchun 1:1000. Masofani o'lchashdagi nisbiy xato shu sharoit uchun yo'l qo'yilgan chekli nisbiy xatoni $\sqrt{2}$ ga ko'paytirishdan chiqqan sonidan kichik bo'lsa, ya'ni juda qulay sharoitdagi nisbiy xato 1:2000, qulay sharoitdagi nisbiy xato 1:1500, noqulay sharoitda esa 1:700–1:800 yoki bundan ham kichik bo'lsa, masofa to'g'ri o'lchangan hisoblanadi. Masofani bir necha marta o'lchab olingan o'rtacha arifmetik miqdor masofaning haqiqiy uzunligi deb qabul qilinadi.

10.3. Masofani bilvosita o'lchash

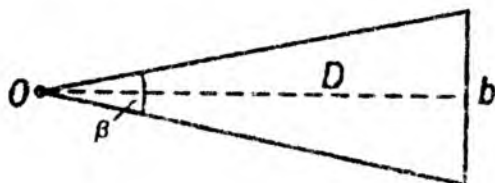
Joyda masofani bilvosita o'lchashda natija boshqa bevosita o'lchash natijalaridan foydalanib matematik formulalar asosida hisoblab topiladi. Dalnomer deb ataluvchi asbob qo'llanganda joydagi masofa uzunligi boshqa bevosita o'lchash natijalari asosida topiladi.

Dalnomerlar tuzilishi va ishlash prinsipiga ko'ra optik hamda elektron dalnomerlarga bo'linadi. Elektron dalnomerlar ularda ishlatiluvchi elektromagnit to'lqinlarini turiga qarab yorug'lik dalnomerlari yoki radiodalnomerlarga bo'linadi.

Masofa optik dalnomerlar bilan 1:200 – 1:5000 aniqlikda, yorug'likdalnomeri va radiodalnomerlar bilan 1:10000 – 1:400000 aniqlikda o'lchanadi.

10.4. Optik dalnomerlar bilan masofa o'lchash

Masofani optik dalnomerlar bilan o'lchash teng tomonli uchburchakning qisqa tomoni b bilan shu tomon qarshisidagi burchak β ning o'zaro bog'liqligi teoremasiga asoslangan (10.5-shakl).



10.5-shakl. Teng tomonli parallaktik uchburchak sxemasi

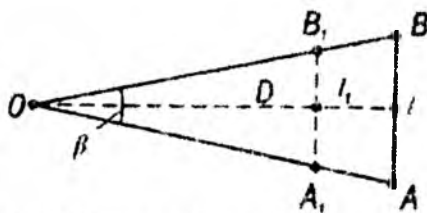
10.5-shakldagi masofa quyidagiga teng:

$$D = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}. \quad (10.4)$$

formuladagi bazis yoki burchak α o'zgarmas bo'lib, ulardan biri bevosita o'lchanadi. Shunga ko'ra optik dalnomerlar o'zgarmas burchakli va o'zgarmas bazisli dalnomerlarga bo'linadi.

O'zgarmas burchakli dalnomerlar yordamida teng tomonli uchburchakning kichik (bazis) tomoni o'lchanadi, β burchak esa o'zgarmas bo'ladi. Parallaktik burchak β o'zgarmas bo'lganida masofa uzaygan sari AOB uchburchakning qisqa tomoni AB , ya'ni l uzayadi (10.6-shakl).

10.4 formuladagi $\frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$ o'rniga koeffitsient K ni qo'ysak (10.6-shakl), formula quyidagi ko'rinishga kiradi:

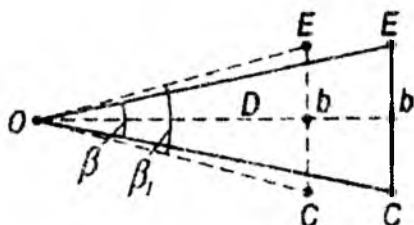


10.6-shakl. O'zgarmas burchakli dalnomer sxemasi

$$D = K \cdot l. \quad (10.5)$$

Bu formuladagi K o'zgarmas bo'lib, o'zgarmas burchakli dalnomer koeffitsienti deb ataladi.

Bazis b o'zgarmas bo'lganda masofa uzaygan sari β burchak kichrayadi, uni 10.7- shakldan ko'rish mumkin.



10.7-shakl. O'zgarmas bazisli dalnomer sxemasi

O'zgarmas bazisli dalnomerlar yordamida paralaktik burchak β burchak o'lchanadi, o'zgarmas bazis b ning uzunligi reykada maxsus ravishda belgilab qo'yiladi. Masofani o'zgarmas bazisli dalnomer bilan o'lchash natijalari quyidagi formula bo'yicha hisoblab chiqariladi:

$$D = \frac{b}{2tg\frac{\beta}{2}}. \quad (10.6)$$

(10.6) formuladagi paralaktik burchak β juda kichik bo'lib,

$$tg\beta = \frac{\beta}{2\rho''}$$

ga teng. Bunda (10.6) formula

$$D = \frac{b}{2\beta}\rho'' \quad (10.7)$$

bo'ladi. 10.7 formuladagi b va ρ'' — o'zgarmas koeffitsientdir, uni K bilan belgilasak, formula quyidagicha bo'ladi:

$$D = \frac{K}{\beta}. \quad (10.8)$$

Optik dalnomerlarda bazis b tarzida reyka qo'llanadi. Masofani dalnomerlar bilan o'lchashda reykanı qanday holatga

o'rnatilishiga ko'ra optik dalnomerlar gorizontaal va vertikal reykali dalnomerlarga bo'linadi.

Ipli dalnomerlar bilan masofa o'lchash

Ipli dalnomer doimiy parallaktik burchakli – sodda optik dalnomer bo'lib, teodolit, nivelir va kiprigel singari geodezik asboblarning qarash turbasiga joylashtirilgan bo'ladi. Ko'rish trubasining iplar to'ridagi gorizontaal chiziqqa parallel qilib (gorizontaal chiziqdan teng oraliqda) o'tkazilgan ikkita qo'shimcha semmetrik chiziqqa (10.8-shakl.) *dalnomer iplari*, dalnomerning o'ziga esa ***ipli dalnomer*** deyiladi.

Masalan 1 va 2 nuqtalar orasidagi *gorizontaal chiziqlarning uzunligini o'lchash* kerak deylik (10.6-shakl,a). Bunda o'lchash asbobi 1 nuqtaga, 2-nuqtaga esa vertikal tarzda dalnomer reykasini o'rnatiladi. Ko'rish trubasi reykaga vizirlanganda qarash nuri *ab* dalnomer iplari orqali va obyektiv fokusi orqali o'tib reykaning A va B nuqtalarida kesib o'tadi.

Reykaning $AB = l$ qismi dalnomer chiziqlari orasiga to'g'ri keladi va uni tasviri dalnomer iplarining $a'b'$ oralig'i o'tib $ab = p$ ni hosil qiladi. Bu holda vizirlash nurlari obyektiv fokusi F da β *parallaktik burchakli* ABF va abF uchburchaklarini hosil qiladi. Shakldan ko'rinib turibdiki aniqlanuvchi masofa uzunligi quyidagiga teng:

$$D = E + f + \delta, \quad (10.9)$$

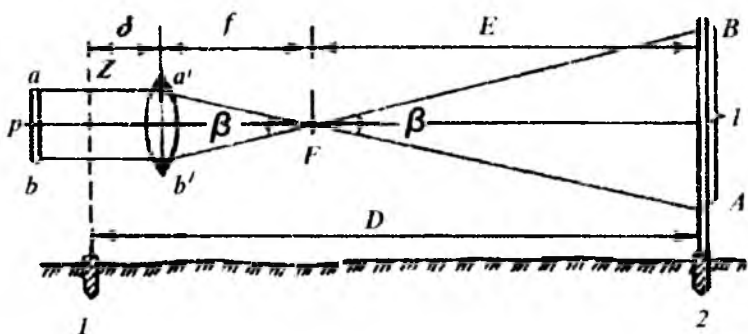
bunda E ko'rish trubasining obyektividan reykgacha bo'lgan masofa; δ – obyektivdan asbobni aylanish o'qigacha bo'lgan masofa; f – ko'rish trubasi obyektivining fokus masofasi.

ABF va $a'b'F$ uchburchaklarini o'xshashligidan

$$\frac{E}{l} = \frac{f}{p},$$

bundan,

$$E = \frac{f}{p} \cdot l. \quad (10.10)$$



10.8-shakl. Ipili dalnomer bilan masofa o'lchash sxemasi

f bilan r o'zgarmas bo'lganligidan

$$\frac{f}{p} = K$$

ifodasi ham o'zgarmas bo'ladi. K kattaligi ishlatilayotgan asbob uchun doimiy bo'lib **dalnomer koeffitsienti** deb nomlanadi. Dalnomer bilan o'lchash masofasi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$E = Kl. \quad (10.15)$$

(10.15) formula yordamida obyektivning oldingi fokusidan reykgacha bo'lgan masofa hisoblab topiladi. Amalda chiziqning haqiqiy uzunligi asbob o'rnatilgan nuqtadan, ya'ni asbobning vertikal o'qidan reykgacha bo'lgan masofa D ga teng bo'lganligidan formulada asbobning vertikal aylanish o'qidan obyektivning oldingi fokusigacha bo'lgan oraliq $(\delta + f)$ e'tiborga olinishi kerak. Shunda (10. 15) formula quyidagicha bo'ladi:

$$D = E + \delta + f = Kl + \delta + f. \quad (10.16)$$

Agar $f + \delta = c$ bo'lsa, (10. 16) formula

$$D = Kl + c, \quad (10.17)$$

bo'ladi, bu yerda c – dalnomerining doimiy qo'shiluvchisi.

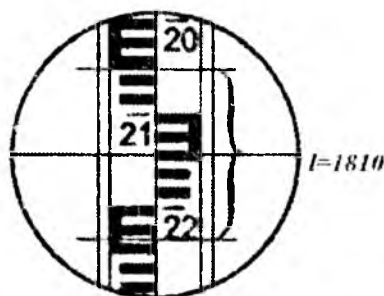
Masofa uzunligini hisoblash qulay bo'lishi uchun geodezik asboblarning ko'rish trubasida δ va p qiymati $K = 100$

bo'ladigan qilib tanlanadi. Zamonaviy ko'rish trubalarida $s = 0$ bo'ladi va masofa uzunligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$D = Kl = 100l, \quad (10.17)$$

10.9-shaklda Ipli dalnomerda reykanan sanoq olish bilan masofa o'lchash misoli keltirilgan.

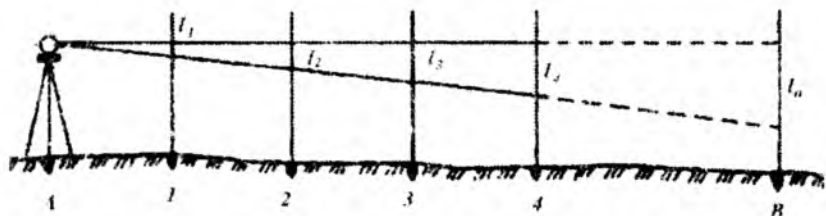
Ipli dalnomer bilan masofa o'lchashda natija tez olinadi, ammo natija aniqligi nisbatan past bo'lib, 1:200–1:400 atrofida bo'ladi. Bunga quyidagilar sababchi bo'ladi: tashqi sharoitni noqulayligi, reykanan noaniq sanoq olish, iplar to'rini nisbatan yo'g'onligi, dalnomer koefitsienti va reyka bo'laklarini aniqlashdagi xatolar.



$$D=18,1 \text{ m}$$

10.9-shakl. Ipli dalnomerda reykanan sanoq olish bilan masofa o'lchash

Geodezik dala o'lchash ishlarini boshlashdan oldin *ipli dalnomer koefitsientini tekshirish* kerak. Dalnomer koefitsientini topish uchun tekis joyda uzunligi 100–120 m keladigan chiziqli olib, chiziqli boshlangan nuqtaga qoziq qoqiladi, so'ngra qoziqdan boshlab po'lat lenta yordamida 20, 40, 60, 80, 100 va 120 m lik masofalar o'lchanib, har 20 m dan keyin qoziqcha qoqiladi (10.10-shakl).



10.10-shakl. Dalnomer koefitsientini aniqlash sxemasi

Shundan so'ng chiziqlarning boshlang'ich nuqtasiga asbob (teodolit), qoziqchalarga esa birin-ketin reykalar o'rnatiladi, ko'rish trubasining gorizontal holatida bu reykalardan dalnomerning chetki iplari bo'yicha sanoqlar n_1 va n_2 olinadi.

Har gal olingan sanoqlarning farqi

$$l_i = (n_2 - n_1)$$

asbob o'rnatilgan nuqta bilan reyka o'rnatilgan qoziqqacha bo'lgan masofaga mos bo'lishi kerak. Dalnomer koefitsienti quyidagi formula yordamida har bir masofa uchun alohida-alohida hisoblab topiladi:

$$K_i = \frac{D_i}{n_2 - n_1}, \quad (10.18)$$

bu yerda: D_i – asbob o'rnatilgan nuqtadan qoziqcha bo'lgan (lenta bilan o'lchangan) masofa;

n_1 – va n_2 – har bir o'rnatishdagi dalnomerning ustki ipidan va dalnomerning pastki ipidan olingan sanoqlar.

Barcha o'lchashlarning o'rtacha arifmetik miqdori dalnomer koefitsienti bo'ladi:

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n}{N}, \quad (10.19)$$

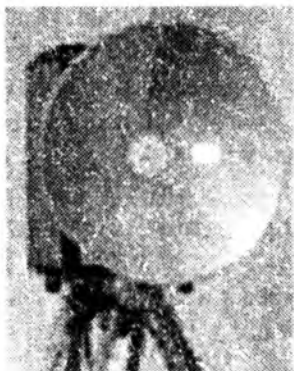
bunda N – o'lchangan masofalar soni.

O'lchashda ba'zan dalnomerning bir ipini reykaning uchiga to'g'irlaganda ham ikkinchi ipidan sanoq olib bo'lmaydi; reykaning pastki qismini joyning relefi, butalar va boshqa narsalar to'sib qolganda shunday bo'lishi mumkin. Bu holda dalnomerning

o'rta ipidan va biror chetki ipidan sanoq olinib, sanoqlar ayirmasi ikkiga ko'paytiriladi.

10.5. Elektron dalmomerlar bilan masofa o'lchash

Elektron dalmomerlar (ingliz tilida -- Geodimetr¹³) ikki nuqta orasidagi masofani o'lchashda elektromagnit to'lqinlarining shu nuqtalar orasida tarqalish vaqtini aniqlashga asoslangan. Qaysi turdagi elektromagnit to'lqinlarini ishlatilishiga ko'ra bunday dalmomerlar *yorug'likdalmomerlariga* va *radiodalmomerlarga* ajratiladi.



10.11-shakl. Radiodalmomer



10.12-shakl. Yorug'likdalmomeri

¹³ Engineering Surveying . W.Schofield. 2007.

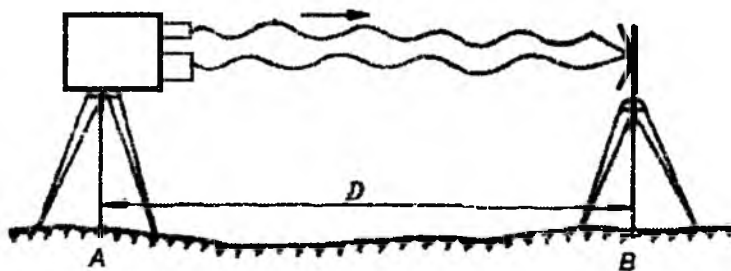
Umumiy holda elektron dalnomerlar komplektiga quyidagilar kiradi: signal to'liqini uzatish va qabul qilish moslamalari, energiya manbasi va bloki, to'liqin o'lchagich.

Yorug'lik dalnomerlarida nur manbasi sifatida cho'g'lanma yoki simobli lampa, gazli yoki yarimo'tkazgichli lazerlar, svetodiodlar bo'lishi mumkin.

Joydagi A va B nuqtalar oralig'idagi masofani o'lchash uchun A nuqtaga dalnomer, B nuqtaga elektromagnit to'liqlarini qaytaruvchi asbob o'rnatiladi (10.13-shakl). Dalnomerdan chiqqan elektromagnit nurlar nurqaytargichlar aks etib, dalnomerning qabul qilish moslamasiga qaytib keladi. Nurlarning dalnomerdan nurqaytargichga yetib borgan va undan aks etib dalnomerning qabul **qilish** moslamasiga qaytgan vaqtini hisoblab topgach, A va B nuqtalar orasidagi masofani quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$D = \frac{vt}{2}, \quad (10.20)$$

bunda v -- o'lchash jaroyenidagi elektromagnit to'liqlarining atmosferada tarqalish tezligi; t -- elektromagnit to'liqlarini $2D$ masofani o'tishi uchun sarflangan vaqt.



10.13-shakl. Elektron dalnomerlar yordamida masofa o'lchash sxemasi

Elektromagnit to'liqlarining atmosferada tarqalish tezligiga havoning xarorati, bosimi va namligi ta'sir etishi mumkin. Shuni inobatga olib ish jaroyonida bu ko'rsatkichlar o'lchanadi va zarur hollarda mos tuzatmalar kiritiladi.

Nur qaytargich ikki xil bo'lishi mumkin: 1) dalnomerdan chiqqan elektromagnit to'lqinlarini qabul qilib olib, chastotasi yoki amplitudasini o'zgartirib qaytaradigan asbob; bunday asbob *aktiv qaytargich* deb ataladi va radiodalnomerlarda qo'llaniladi; 2) dalnomerdan chiqqan elektromagnit to'lqinlarini o'zgartirmasdan qaytaradigan asbob; bu asbob *passiv qaytargich* deb ataladi va barcha yorug'lik dalnomerlarilarda ishlatiladi. Passiv nur qaytargichlar prizma va linzalardan (yoki prizma va linza birikmalaridan) tayyorlanadi.

Elektromagnit to'lqinlarining tarqalish tezligini impulsli yoki fazali metodda o'lchanishi mumkin. Impulsli metodda elektromagnit to'lqinlarining tarqalish tezligi bevosita o'lchanadi, fazali metodda esa dalnomerdan chiqqan nur qaytargichdan aks etib qaytgan elektromagnit to'lqinlarining farqi o'lchanadi va elektromagnit nurining tarqalish tezligi shu farqdan foydalanib aniqlanadi. Shunga yarasha dalnomerlar *impulsli* va *fazali dalnomerlarga* bo'linadi.

Elektromagnit to'lqinlarining tarqalish tezligini impulsli metodda bevosita o'lchash aniqligi fazali metodda bevosita o'lchash aniqligidan kamroqdir. Shuning uchun hozirgi vaqtda qo'llanilayotgan yorug'lik dalnomeri va radiodalnomerlarning ishi fazali metodga asoslangan.

Elektron dalnomerlar standartga asosan aniqligi va vazifasiga qarab 3 ta: Γ , Π va T guruhlariga bo'linadi (10.1-jadval).

10.1-jadval.

Yorug'lik dalnomerlarini aniqlik ko'rsatgichlari

Dalnomer guruhlari	Koefitsentlar qiymati		Masofa o'lchash chegaralari, m	
	<i>a, mm</i>	<i>b, mm</i>	quyi	yuqori
« Γ »	5; 10	1; 2	0,5	15-20
« Π »	0,3; 0,5; 1,2	0,5; 1; 2; 3	0,002	0,1-3
T	5; 10	3; 2; 5	0,002	1-15

Γ va Π guruhlaridagi dalnomerlar davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda va amaliy geodezik ishlarda qo'llaniladi. T

gruhi esa geodezik zichlashtirish tarmoqlarini barpo etish va topografik ishlarda qo'llanadi.

Ular bilan masofa o'lchashda yo'l qo'yarli o'rta kvadratik xato cheki quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$m_D = a + b D_{km}, \text{mm}, \quad (10.21)$$

bunda: a va b – koefitsientlar; D – o'lchanadigan masofa, km.

Dalnomerlarni ishlab chiqarish bo'yicha quyidagi davlatlar yetakchi hisoblanadi: AQSH, Germaniya, Rossiya, Shvetsiya, Angliya va Yaponiya.

10.6. Ixcham lazerli va ultratovushli dalnomerlar

So'ngi davrda geodezik masofa o'lchash asboblari tarzida ixcham lazerli va ultratovushli dalnomerlar qo'llanmoqda.

Ixcham lazerli ruletkalar obyektgacha bo'lgan masofani tez va aniq o'lchash imkoniyatini beradi. Xajman kichikligi tufayli bunday dalnomerlarni «lazerli ruletkka» deb nomlashadi. Zamonaviy lazerli ruletkalar 0.05m dan 300metrgacha bo'lgan masofani 1mm dan 105 mm gacha bo'lgan aniqlikda o'lchash imkoniyatiga egadir. Ular yordamida masofa uzunligini o'lchash bilan birga, obyekt yuzasi, hajmi aniqlanishi va natijalar Bluetooth orqali kompyuterga uzatilishi mumkin.

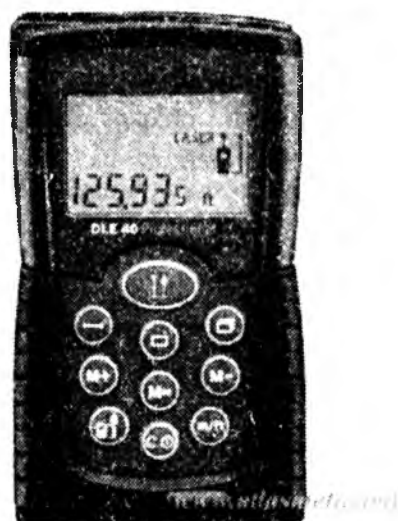
Geodezik asbob ishlab chiqaruvchi ko'pgina chet el korxonalari bozorga o'z ruletkalari taklif etgan.

10.2-jadvalda Leica va Bosch korxanalarida ishlab chiqarilgan ba'zi ruletkalarning ko'rsatgichlari keltirilgan.

lazerli ruletkalarining ko'rsatgichlari

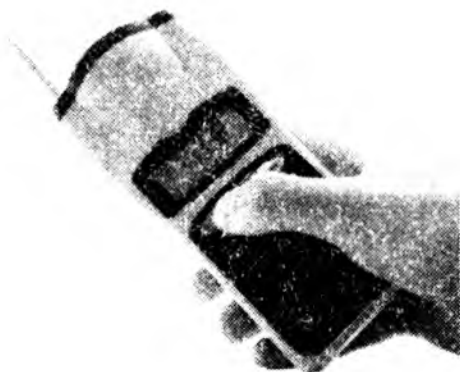
markasi	O'lchanadigan masofa oralig'i	O'lchash aniqligi	xususiyati
Leica Disto D1	0.2 – 40 m	± 2.0 mm	Bluetooth® Smart
Leica Disto D110	60m	1.5mm	Bluetooth
Leica Disto D2	60 metr	±1,5 mm	
Leica Disto D2 NEW	100 m	±1,5 mm	Bluetooth® Smart
DISTO D3A S	100 metr	±1,5 mm	

Leica Disto D410	0,05–150 m	±1,5 mm	Video qidiruv moslamasi
Leica Disto D510	0.05 – 200 m	±1,5 mm	Apple Android
Leica Disto D810	200 m	±1,5 mm	
Leica Disto S910	300	±1,5 mm	DXF.
BOSCH DLE 40	0,05–40 m	± 1,5 mm	
BOSCH GLM 50	0,3– 30 m	±1,5 mm/m	
BOSCH GLM 50 S	50 m	± 1,5 mm	
Bosch DLE 70 Professional	0,05–70 m	± 1,5 mm	
BOSCH GLM 100 S PROFESSIONAL	100 m	± 1, 5 mm	
BOSCH GLM150VF	0,05–150 m	±1,5 mm	
Bosch GLM 250 VF Professional	0,05–250 m	± 1 mm	



10.14-shakl. Bosch “DLE 40” lazerli ruletka koʻrinishi

Ultratovushli ruletka sodda va arzon masofa o'lchash asbobi bo'lib, kundalik turli sohalarda keng qo'llanmoqda. Ushbu asbobda tovush uzatish-tarqatish qurilmasi va predmetdan qaytgan tovushni qabul qilish moslamasi bor. Tovush to'plamini predmetga aniq yo'naltirish uchun lazerli ko'rsatkichga ega modellar ham ishlab chiqilgan. Ultratovushli ruletka yordamida obyektidagi masofa, yuza qiymatlarini aniqlash mumkin. Ishlash qulay, ammo masofa aniqlash oralig'i 0,3 metrdan 20 metrgacha boradi.



10.15-shakl. Lazerli ko'rsatkichli ultratovushli ruletka

Nazorat savollari:

1. Masofa o'lchashning bevosita usulini mohiyati nimadan iborat?
2. Masofani po'lat lenta bilan o'lchash aniqligini ayting.
3. Masofa o'lchashda qo'llaniladigan asbob turlarini ayting.
4. Masofa o'lchashning bilvosita usulini mohiyati nimadan iborat?
5. Masofani ipli dalnomer bilan o'lchashning mohiyatini aytib bering.
6. Elektron dalnomerlar komplektiga nimalar kiradi?
7. Yonq'likdalnomeri va radiodalnomerlar nima maqsadda ishlatiladi?

11. NIVELIRLASH

11.1. Nivelirlashning mohiyati va turlari

Joydagi ikki nuqta sathiy yuzalari orasidagi nisbiy balandlikni aniqlashga *nivelirlash* deyiladi.

Nivelirlash (fransuz tilida nivellement yoki nivèlement – «tekislash», niveau – «tekislik» ma'nosini beradi.)

Ko'p masalalarni yechishda joy nuqtalarining absolyut balandligini bilish kerak. Joydagi istalgan nuqtaning absolyut balandligini aniqlash uchun ushbu nuqta va o'tmetkasi ma'lum bo'lgan boshqa nuqta sathiy yuzalari orasidagi nisbiy balandlikni aniqlash kerak.

Ish sharoiti, qo'llaniladigan usul va asboblarga qarab nivelirlash quyidagi asosiy turlarga bo'linadi: Geometrik nivelirlash; Trigonometrik nivelirlash; Fizik nivelirlash. Stereofotogrammetrik nivelirlash.

Geometrik nivelirlashda gorizontal vizir nuri orqali nuqtalar oralig'idagi nisbiy balandlik aniqlanadi.

Trigonometrik nivelirlashda nisbiy balandlik nuqtalar oralig'idagi yo'nalishning qiya burchagini o'lchash orqali aniqlanadi.

Fizik nivelirlash sifatida *Barometrik* va *gidrastatik nivelirlash* usullarini ko'rish mumkin.

– *Barometrik* nivelirlashda nisbiy balandlikni o'lchash dengiz sathiga nisbatan turlicha balandliklardagi nuqtada atmosfera bosimi o'zgarish qonuniyatlariga asoslanadi;

– *Gidrostatik* nivelirlash nisbiy balandlikni o'lchash o'zaro ulangan ikkita idishdagi suyuqlik sathlari farqini o'lchashga asoslanadi.

Stereofotogrammetrik nivelirlashda joydagi nuqtalarning nisbiy balandliklari joyning ikkita bir xil acrosurat asosida maxsus asboblardan yordamida hosil qilingan relef modeli bo'yicha o'lchash bilan aniqlanadi.

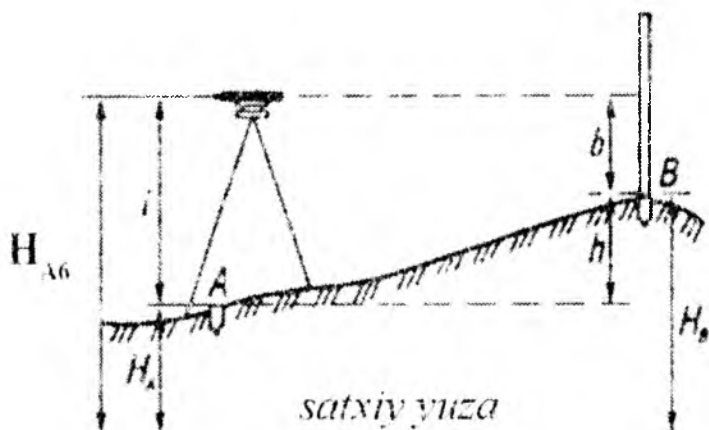
Shuningdek *avtomatik nivelirlash* usuli bor bo'lib, unda avtomat yoki mexanik profilograflar yordamida chizilgan profildan joydagi nuqtalarning nisbiy balandliklari aniqlanadi.

11.2. Geometrik nivelirlash

Bu usulda nuqtaning boshqa nuqtaga nisbatan balandligi gorizontal vizir o'qi orqali aniqlanadi. Geometrik nivelirlashda *nivelir* asbobi va *nivelirlash reykarlaridan* foydalaniladi. Geometrik nivelirlash – geodezik tayanch nuqtalari va plan olish nuqtalarining balandligini aniqlashda, injenerlik inshootlarining loyihalarini tuzishda va ularni qurishda, shuningdek geologik qidiruv ishlarida, yirik injenerlik inshootlarining cho'kish va deformatsiyasini aniqlashda va shu kabi boshqa ishlarda qo'llaniladi.

Geometrik nivelirlashda ikki nuqta orasidagi nisbiy balandlik topishning asosan ikki xil usuli bor: *oldinga nivelirlash* va *o'rtadan nivelirlash*.

Oldinga nivelirlash. Joydagi ikkita nuqtaning (11.1-shakldagi A va B nuqtalar) bir-biriga nisbatan balandligini aniqlash kerak deylik. Buning uchun A nuqtaga nivelir, B nuqtaga reyka tik qilib o'rnatiladi. Ruletka yoki reyka bilan nivelirni balandligi i o'lchanadi. Nivelir ish holatga keltirilib, qarash trubasi B nuqtadagi reykaga vizirlanadi va b sanoq olinadi. B nuqtani A nuqtaga nisbatan balandligi:



11.1-shakl. Oldinga nivelirlash sxemasi

$$h = i - b \quad (11.1)$$

bo'ladi.

Demak, *oldinga nivelirlashda bir nuqtaning ikkinchi nuqtaga nisbatan balandligi asbob balandligidan reykadan olingan sanoqni ayirganidan keyin qolgan qiymatga tengdir.*

Agar reykadan olingan sanoq asbob balandligidan katta, ya'ni $i < b$ bo'lsa, nisbiy balandlik ishorasi manfiy, reykadan olingan sanoq asbob balandligidan kichik, ya'ni $i > b$ bo'lsa, ishora musbat bo'ladi.

Birinchi nuqta A ning absolyut balandligi H_A hamda bu nuqtaga nisbatan ikkinchi nuqta B ning nisbiy balandligi (h_{AB}) ma'lum bo'lgach, ikkinchi nuqta B ning absolyut balandligini hisoblash mumkin:

$$H_B = H_A + h_{AB}. \quad (11.2)$$

Ikkinchi nuqta absolyut balandligining bunday hisoblab chiqarilishiga *absolyut balandlikni nisbiy balandlik bo'yicha aniqlash* deyiladi.

Ikkinchi nuqtaning *absolyut balandligini asbob gorizonti yordamida ham aniqlash* mumkin.

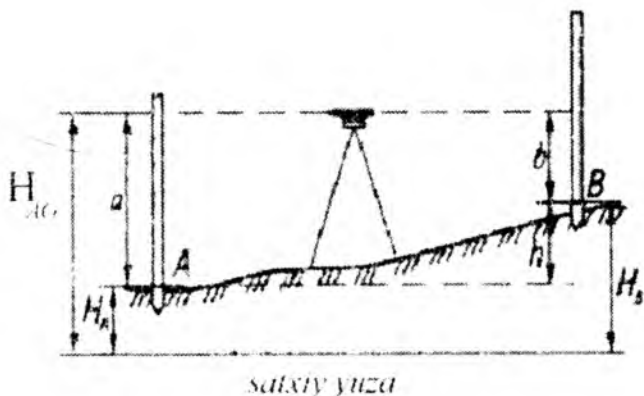
Asbob gorizonti deganda, nivelir vizir o'qi yo'nalishining absolyut balandligi tushuniladi. 11.1 – shaklda asbob gorizonti quyidagiga teng:

$$H_{AG} = H_A + i. \quad (11.3)$$

Bundan asbob gorizonti orqali ikkinchi B nuqtaning aniqlangan absolyut balandligi qiymatini hisoblash mumkin:

$$H_B = H_{AG} - b. \quad (11.4)$$

O'rtadan nivelirlashda nivelirlanayotgan A va B nuqtalarga tik qilib nivelirlash reykalari, nuqtalar oralig'iga esa nivelir o'rnatiladi (11.2-shakl). Bunda nivelirdan A va B nuqtalarigacha bo'lgan masofalar o'zaro teng bo'lishi kerak. Nivelir ish holatiga keltirilib, qarash trubasi dastlab orqadagi (A nuqtadagi) reykaga vizirlanib reykadan a sanoq olinadi, so'ngra oldingi (B nuqtadagi) reykaga vizirlanib b sanoq olinadi.



11.2-shakl. O'rtadan nivelirlash sxemasi. sxemasi

B nuqtaning A nuqtaga nisbatan balandligi quyidagicha hisoblab chiqariladi:

$$h_{AB} = a - b \quad (11.5)$$

Shunday qilib, o'rtadan nivelirlashda nisbiy balandlik ketingi reykadadan olingan sanoq bilan oldingi reykadadan olingan sanoq ayirmasiga teng bo'ladi.

Agar reykadadan olingan sanoqlar o'zaro $a > b$ bo'lsa, nisbiy balandlik musbat ishorada bo'ladi. aksincha ya'ni $a < b$ bo'lsa, nisbiy balandlik manfiy ishorada bo'ladi.

O'rtada turib nivelirlashda ikkinchi nuqtaning absolyut balandligini nisbiy balandlik bo'yicha hisoblashda (11.5) formuladan, asbob gorizonti bo'yicha hisoblashda esa (11.4) formuladan foydalaniladi. Bunda asbob gorizonti quyidagiga teng bo'ladi:

$$H_{AG} = H_A + a. \quad (11.6)$$

Geometrik nivelirlashda asosan o'rtadan nivelirlash qo'llaniladi. O'rtadan nivelirlash mumkin bo'lmagandagina oldinga nivelirlash usuli ishlatiladi. Oldinga nivelirlash usulining kamchiligi shundan iboratki, nishab joyning nisbiy balandligi nivelir balandligi bilan reykadadan olingan sanoq ayirmasiga teng bo'lganligidan bunda faqat asbob balandligiga teng bo'lgan nisbiy balandliknigina o'lchash mumkin. Bundan tashqari, oldinga

nivelirlashda har bir stantsiyada asbob balandligini aniq o'lchash zarur bo'lganligidan ish ancha qiyinlashadi va mehnat ko'p sarf bo'ladi.

O'rtadan nivelirlashning afzalliklari quyidagilardan iborat.

a) har bir stantsiyada reyka balandligiga teng bo'lgan nisbiy balandlikni, ya'ni oldinga nivelirlashdagiga nisbatan kattaroq nisbiy balandlikni o'lchash mumkin;

b) har bir stantsiyada nivelir balandligini o'lchashning hojati yo'q;

v) nivelirning qarash trubasi nivelir bilan reyka orasidagi masofani kattalashtirib ko'rsatganligidan oldindan nivelirlashdagiga qaraganda ikki baravar uzunroq masofani nivelirlash mumkin;

g) asbob ikki nuqta o'rtasiga o'rnatilganligida yer egriligining va atmosfera refraksiyasining ta'siri ancha kamayadi;

d) asbob nivelirlanayotgan ikki nuqtaning qoq o'rtasiga o'rnatilganda asbob vizir o'qining gorizontal emasligi natijasida ro'y beradigan xatoning ta'siri bo'lmaydi. Bu o'rtadan nivelirlashning asosiy afzalligi bo'lib hisoblanadi.

Oddiy va murakkab **nivelirlash**. Ikki nuqtaning bir-biriga nisbatan balandligi bu nuqtalar orasiga nivelirni bir marta o'rnatishda aniqlansa, bunga *oddiy nivelirlash* deyiladi.

Ikki nuqtaning balandliklari orasidagi farq katta bo'lgan hollarda yoki bir-biridan uzoq joylashgan ikki nuqtaning nisbiy balandligini aniqlashda bu ikki nuqta oralig'ı bo'laklarga bo'linib, har bir bo'lak alohida-alohida nivelirlanadi. Bunga *murakkab nivelirlash* deyiladi.

11.3 – shaklda A va B nuqtalar oralig'ini bir necha bo'lakka bo'linib nivelirlash ko'rsatilgan. Har bir bo'lak oralig'iga nivelir o'rnatilib piket nuqtalaridan a va b sanoqlari olinadi. (gcodeziyada *piket nuqtasi* deb reyka qo'yiladigan xarakterli nuqtaga aytiladi) Nivelir o'rnatish joyini stantsiya o'rni deb ataladi. Odatda nivelirlashda ikita nivelirlash reykasi (№1 va №2) ishlatiladi. Shaklda piketlarga o'rnatilgan reykalar P_1 va P_2 – belgilari bilan ko'rsatilgan. nivelir o'rnatilgan nuqtalar (stantsiyalar) rim raqamlari-I, II, III, IV va V bilan, reyka va

nivelirning ko'chirilish tartibi esa strelkalar bilan ko'rsatilgan. I-piketga o'rnatilgan reyka I stantsiyada oldingi, II stantsiyada esa keyingi reyka bo'ladi. Piket ikki qo'shni stantsiyani bir-biriga bog'laganligi uchun *bog'lovchi nuqta* deb ataladi.

Nivelirlanishi kerak bo'lgan nuqta bog'lovchi nuqtalar oralig'ida (11.3-shaklda C₁ va C₂) joylashgan bo'lsa, ularga *oralig' nuqtalar* deyiladi. Oralig' nuqtalar balandlikni bir nuqtadan ikkinchisiga uzatib berishda qatnashmaydi. Shu sababdan ulardan sanoq olish har bir stantsiyada bog'lovchi nuqtalar nivelirlanib bo'lgandan keyin bajariladi. Orqadagi reykani oldinga ko'chirishda reyka bir yo'la oralig' nuqtalarga ham o'rnatilib, nivelir yordamida ulardan sanoqlar olinadi. Bog'lovchi nuqtalardan olingan sanoqlardan foydalanib, har bir nuqtaning qo'shni nuqtaga nisbatan balandligi, so'ngra absolyut balandligi hisoblab chiqariladi.



11.3-shakl. Ketma-ket nivelirlash sxemasi

Agar ikki bog'lovchi nuqtalar orasidagi nisbiy balandlik katta bo'lsa ushbu oralig' qo'shimcha X nuqtasi olinadi. (11.3-shaklda A va I nuqta oralig'i). Bunday nuqtalar vaqtinchalik bo'lib, faqat ikki piket nuqtalarini bog'lash uchun kerak.

11.3 – shakldan ko'rinishicha, I, II, III, ..., N stantsiyalardagi bog'lovchi nuqtalarning nisbiy balandliklari quyidagi teng:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1 \\ h_2 &= a_2 - b_2 \\ &\dots \dots \dots \\ h_n &= a_n - b_n \end{aligned} \right\} \quad (11.7)$$

Nivelirlangan barcha stantsiyalardagi nuqtalarning nisbiy balandliklari yig'indisi oxirgi B nuqtaning boshlang'ich A nuqtaga nisbatan nisbiy balandligi bo'ladi:

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \dots + h_n \\ = (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + \dots + (a_n - b_n)$$

yoki

$$h_{AB} = \sum_A^B a - \sum_A^B b = \sum_A^B h \quad (11.8)$$

Bog'lovchi nuqtalarning absolyut balandliklari quyidagi formula yordamida ketma-ket hisoblab chiqariladi:

$$\left. \begin{array}{l} H_1 = H_A + h_1 \\ H_2 = H_1 + h_2 \\ \dots \dots \dots \\ H_B = H_n - h_n \end{array} \right\} \quad (11.9)$$

Agar piket nuqtalarning absolyut balandligini aniqlash talab qilinmasa oxirgi B nuqtaning absolyut balandligini quyidagi formula bo'yicha hisoblab chiqarish mumkin:

$$H_B = H_A + \sum_A^B h \quad (11.10)$$

Bog'lovchi nuqtalarning absolyut balandligi hisoblab chiqarilgandan so'ng oraliq nuqtalarning absolyut balandligi keyingi nuqtaning absolyut balandligiga asoslanib asbob gorizonti yordamida aniqlanadi. III stantsiyadagi asbob gorizonti

$$H_i = H_1 + a_3 \quad (11.11)$$

ga teng. Oraliq nuqtalar (C_1 va C_2) ning absolyut balandligi quyidagi formula yordamida hisoblab chiqariladi:

$$H_{C_1} = H_1 - c_1, \\ H_{C_2} = H_1 - c_2$$

Bunda kichik C_1 va C_2 oraliq nuqtalar C_1 va C_2 dagi reyka sanoqiari.

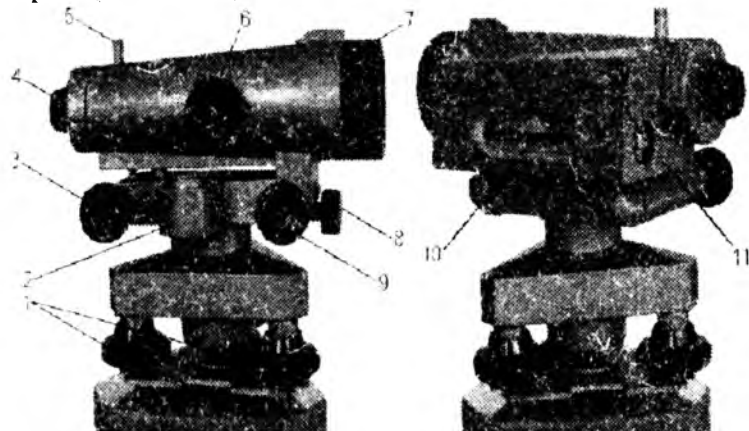
11.3. Nivelir turlari va ularning tuzilishi

Nivelir bu optik – mexanik asbob bo'lib, uning yordamida gorizont tekislikka parallel chiziq quriladi. Hozirgi vaqtda nivelirlar konstruktiv jihatdan quyidagilarga bo'linadi:

1. Optik nivelirlar

2. Raqamli (elektron) nivelirlar.

Har qanday konstruksiyadagi nivelir ashobi ko'rish trubasi, doiraviy adilak, slindrik adilak yoki uni vazifasini bajaruvchi kompesator va uchta ko'tarish vintli taglik (treger)dan tashkil topadi (11.4-shakl).



11.4-shakl. Ko'rish trubasida slindrik adilagi bor H3 nivelirining ko'rinishi:

1 – ko'tarish vintlari; 2 – doiraviy adilak; 3 – elevatsion vint; 4 – dioptriy halqali ko'rish trubasining okuyari; 5 – vizir; 6 – fokuslash kremalberasi; 7 – ko'rish trubasining obyektiv; 8 – trubani bo'shatuvchi va qotiruvchi vinti; 9 – yo'naltiruvchi vint; 10 – silindrik adilak; 11 – silindrik adilakni uzatuvchi vintlar

Aniqligi bo'yicha nivelirlarning 3 xil guruhini ishlab chiqarish ko'zda tutilgan: yuqori aniqlikdagi nivelirlar, aniq nivelirlar va texnikaviy nivelirlar. Masalan:

- yuqori aniqlikda: *optik nivelirlar*-H 05, H 05K, H 1, H 2 (Rossiya), *raqamli nivelirlar* Dini 11, Dini 21 (Germaniya), NA 2002, NA 2003 (Shvetsariya);

- aniq: *optik nivelirlar* H 3, 2H 3, H 3K, 3H 3KJI, 4H3KJI; (Rossiya), *raqamli nivelirlar* Ni-30, Ni -50 (Germaniya), Kernlevel-20 va 24 (Shvetsariya);

- texnik: *optik nivelirlar* H 10, 2H 10K, 2H 10KJI. (Rossiya).

Yuqori aniqlikdagi nivelirlar I va II klass nivelirlash uchun, aniq nivelirlar III va IV klass nivelirlash uchun, texnikaviy

nivelirlar esa topografik s'ymka asosini yaratishda, injener geodezik qidiruv va qurilishda nuqta balandligini texnikaviy nivelirlashda qo'llanadi.

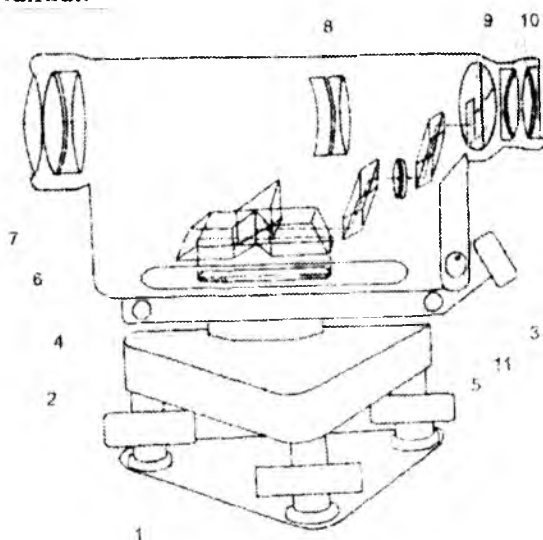
Nivelirlar bazasida takomillashgan nivelirlar ishlab chiqarilgan. Masalan: H05K, H3K, H10K, H10KJL.

Odatda nivelir shtativga maxsus burama vint bilan o'rnatiladi va *i* – ko'tarish vintlari (11.4-shakl,1) va doiraviy adilak (11.4-shakl,2) yordamida ish holatiga keltiriladi.

Vizir o'qini gorizontal holatga keltirish usuli bo'yicha optik nivelirlarni ikki xilga bo'lish mumkin:

- ko'rish trubasida adilagi bor nivelirlar (H 05, H 3, H 10);
- kompensatorli nivelirlar (H 05K, H 3K, H 10K).

Asbob shifridagi 0,5; 3; 10 raqamlari 1 kilometr ikkilangan nivelir yo'lida nisbiy balandlik o'lchashning o'rta kvadratik xatosini bildiradi.



11.5-shakl. H3 nivelirini optik sxemasi:

1-- ko'tarish vintlari; 2 – treger; 3 – elevatsion vint; 4 – dioptriya halqali; 5 – silindrik adilak; 6 – silindrik adilaklaridagi tpsvirni ko'rish mavdoniga uzatuvchi prizma tizimi; 7 – ko'rish trubasining obyektivi; 8 – fokuslovchi linza; 9 – iplar to'ri; 10 – ko'rish trubasining okulyari; 11 – silindrik adilakni tuzatuvchi vintlarini yopib turuvchi qopqoq.

Ko'rish trubasida slindrik adilagi bor nivelirlarda vizir o'qini gorizontal holatga keltirish adilak puffakchasini o'rtaqaga kelurish orqali bajariladi. Bunday asbobga H3 aniq niveliri misol bo'ladi. 11.4-shaklda H3 nivelirini tashq: ko'rinishi, 11.5-shakida esa uni optik sxemasi qismlari bilan ko'rsatilgan.

H3 toifadagi nivelirlarni ko'rish trubasiga bo'lak qiymati 15" bo'lgan *kontakli tsindik adilak* mustahkam birlashtirilgan. Ko'rish trubasining *obyektivi* predmet tasirini 30 karrada kattalashtiradi. *Vizir* ko'rish trubasini predmet bo'yicha yo'nalish olish imkoniyatini beradi. *Fokuslash kremalerasini* burash orqali predmet yoki reyka tasviri aniq ko'rinadi. Reyka tasvirini *iplar to'riga* mos kelishi uchun ko'rish trubasi *trubani bo'shatuvchi va qotiruvchi vinti* yordamida qotiriladi va *yo'naltiruvchi vint* bilan kerakli tomonga suriladi. Ko'rish trubasining vizir o'qini aniq gorizontal holatga keltirish *elevatsion vintni* burab adilak puffakchasi uchlaridagi tasvirni birlashtirish orqali bajariladi. Slindrik adilak ustiga o'rnatilgan *prizmalı qurilma* adilak puffakchasi uchlaridagi tasvirni trubani ko'rish maydoniga yo'naltiradi va kuzatuvchiga ham reykanı, ham adilakni bir vaqtda kuzatish imkonini beradi.

Kompesatorli nivelirlarda slindrik adilak bo'lmasdan, vizir o'qini gorizontal holatga keltirish maxsus erkin harakatlanuvchi osma optik-mexanik qurilma orqali amalga eshiriladi. Asbob shifridagi K harfi nivelirda kompesator borligini anglatadi. Bunday nivelirlardagi 10' bo'lak qiymatiga ega doiraviy adilak asbobni gorizontal holatga yaqin o'rnatish imkonini beradi va asbobni gorizont tekisligiga nisbatan $\pm 15'$ og'ish chegarasida kompesator vizir o'qini gorizontalligini ta'minlaydi.

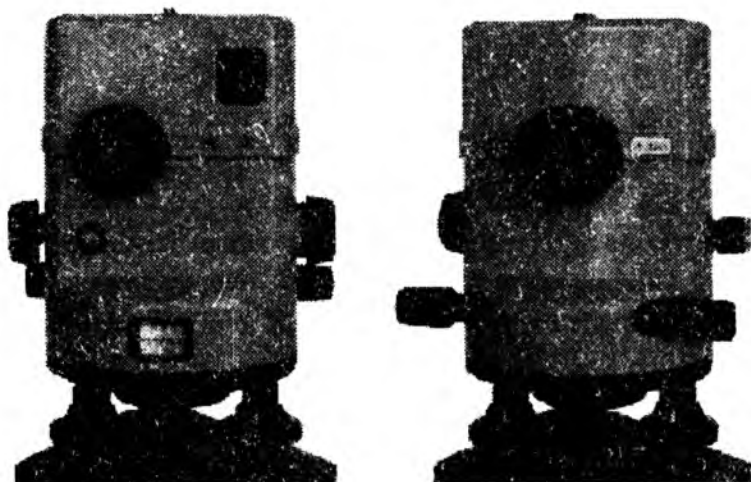
H 3 va H 10 turdagi nivelirlar shuningdek gorizontal burchaklarni o'lchash uchun gorizontal doira-limblarga ega bo'lishi mumkin. Asbob shifrida Л harfi bo'lsa nivelirda gorizontal limb borligini anglatadi.

Masalan 11.6-shakldagi 3H3KJI va 11.7-shakldagi 2H10KJI nivelirlari. Gorizontal limb dorasining bo'lak qiymati 1° bo'lib $\pm 0.1^\circ$ aniqlikda sanoq olish imkoniyati bor. Ushbu nivelirlarda trubani bo'shatuvchi va qotiruvchi vintlari yo'q bo'lib, ularning

ko'rish trubasi yo'naltirish vintini (11.6-shakldagi 2) burash yordamida predmetga yo'naltiriladi. Predmet tasviri esa kremalera vintini (11.6-shakldagi 3) burash orqali tiniqlashtiriladi.



11.6-shakl. Kompensator va limbli 2H10KJ texnik nivelirining ko'rinishi

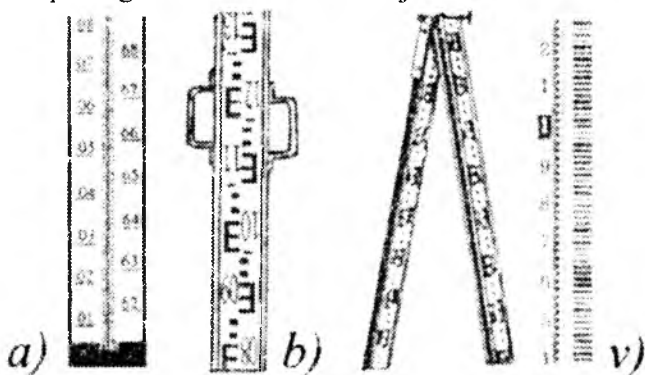


11.7-shakl. Kompensator va limbli 3H3KJ aniq nivelirining ko'rinishi
1 – limb; 2 – yo'naltirish vinti; 3 – kremalera; 4 – vizir

11.4. Nivelirlashda ishlatiladigan reykarlar

Nisbiy balandlikni o'lchashda ishlatiladigan reykarlar uch turga bo'linadi: PH-05, PH-3, PH-10; shifrdan P-reyka, H-nivelir, raqam 05, 3, 10 bir kilometr yo'lni nivelirlashdagi o'rtacha kvadratik xatolikni bildiradi, (mm) da.

PH-05 – nivelir reykasining asosi yaxlit taxtadan bo‘lib 3 metrli (maxsus ishlar uchun 1 metrli) uzunlikda bir tomonli qilib ishlab chiqiladi. Reyka o‘rtasiga 5 mmli bo‘laklarga bo‘lingan invar tasmasi tortilgan (11.8-shakl. *A*). Bu reyka yordamida yuqori aniqlikdagi nivelirlash ishlari bajariladi.



11.8-shakl. Nivelirlash reykalari

a) PH 05 invar reykas; b) PH 3 yaxlit va buklama reykalari; v) shtrix kodli reyka

PH-3 – nivelirlash reykası uzunligi 3 – 4 metr, kengligi 8 – 10 sm, qalinligi 2 – 2.5 sm keladigan taxtachadir. Reyka boshidan oxirigacha oq rang moyli bo‘yoq bilan bo‘yalgan, ikki uchiga tunika qoqilgan. Reyka maxsus mashina yoki shablon yordamida santimetrlarga bo‘lingan. Santimetrli bo‘laklar 1 santimetr oralatib qora yoki qizil rangga bo‘yalgan. Reykadan sanoq olishni osonlashtirish maqsadida har bir ditsimetr 5 sm li bo‘laklarga ajratilgan, har bir ditsimetrning birinchi besh bo‘lagi E harfiga o‘xshaydi. Reykadagi ditsimetrler teskari yo‘nalishda ya‘ni O dan boshlab reyka uchiga tomon raqamlar bilan belgilangan (01, 02, 03....), (11.8-shakl. *b*). Nivelirlashda ishlatiladigan reykalar yaxlit, buklama va surilma bo‘ladi. Reykalar ikki tomonli bo‘lganda reyaning bir tomonida santimetr bo‘laklari qora rangda bo‘ladi va pastidan detsimetr bo‘laklari 0 raqamdan boshlanadi, ikkinchi tomonidagi santimetr bo‘laklari qizil rangda

bo'yaladi va bu tomondagi raqamlar 4887 yoki 4787 sonidan boshlab belgilanadi.

Shuning uchun reykaning qora va qizil tomonidan olingan sanoqlar farqi 4887 yoki 4787 ga teng bo'ladi.

Raqamli nivelirlardan foydalanib nivelirlanganda shtrix-kodli reykarlar ishlatiladi (11.8-shakl. V). Raqamli nivelirlar reyka bo'yicha hisoblash prinsiplari bilan reykarlar esa shtrix-kodlari bilan farqlanadi. Shuning uchun, Leica Geosystem AG firmasining nivelirlari bilan ishlaganda, shu firmaning nivelirlari uchun mo'ljallangan reykarlarini qo'llash lozim, TOPCON firmasi nivelirlaridan foydalanilganda TOPCON firmasining reykarlaridan foydalanish lozim va hokozo. 1km ikkilangan yo'lni nivelirlashda nisbiy balandligini aniqlash o'rta kvadratik xatoligini o'lchashda qo'llaniladigan reykarlarning materiallarini sifatiga bog'liq bo'ladi. Ishlab chiqaruvchi firmalar nafaqat yuqori aniqlikda o'lchashga erishishga intiladilar, bir vaqtda reykarlar yengil va mustahkam bo'lishini ta'minlashga harakat qiladilar.

Hozirgi kunda mustahkamligi va og'irligi, chiziqli kengayish koeffitsientining kichikligi – 10 PPM (mm/km) bilan juda yaxshi munosabatga ega bo'lgan – shishatola (fiberglas) yangi materiali paydo bo'ldi. Odatda reykaning bir tomoniga, avtomatik ravishda hisoblash uchun binarli kodlar, boshqa tomoniga esa, vizual hisoblash uchun shkala tushiriladi.

11.1-jadval

Raqamli nivelirlarning texnikaviy tavsiflari

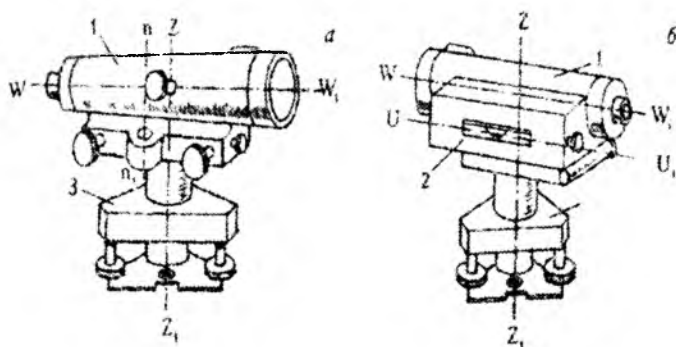
Nivelirlarning turlari	1 km ikkilangan yo'l uchun nisbiy balandliklarni o'lchash o'rta kvadratik xatosi		Masofa o'lchash aniqligi	
	Shtrix kodli pretsizion invar reyka	Shtrix kodli Fiberglas reyka	Shtrix kodli invar reyka	Shtrix kodli Fiberglas reyka
Trimble firmasining nivelirlari				
DINI 12 / DINI 12T	0,3 mm	1. 0 mm	0. 5D x 0.001 m	1. 0D x 0. 001 m
DINI 22	0,7 mm	1. 3 mm		

Topcon firmasining nivelirlari				
DL – 101 c	0,4 mm	-	1 sm ÷ 5 sm	
DL – 102c	-	1,0 m		
Sokkia firmasining nivelirlari				
SDL 30	-	1,0 mm	-	10 metrgacha ± 10 mm atrofida, 10 metrdan katta bo'lganda - 0.1% x D
Leica firmasining nivelirlari				
NA 3003	0,4 mm	1,2 mm	50 m – 20 mm	
NA 2002	0,9 mm	1,5 mm	100 m – 50 mm	

11.5. Nivelirlarni tekshirish

Nivelir optik-mexanik asbobi bo'lgani uchun uning qismlari ma'lum bir geometrik o'qlarga egadir. Nivelirdan foydalanish uchun dastlab uni to'g'ri ishlashini ta'minlavchi qismlarning o'zaro joylashish holati tekshiriladi.

11.9-shaklda optik nivelirni asosiy qismlari va geometrik o'qlari keltirilgan.



11.9-shakl. Optik nivelirning tuzilishi va geometrik o'qlari:

1-ko'rish trubasi; 2-silindrik adilak; 3-taglik;

ZZ_1 – nivelirning aylanish o'qi, WW_1 – vizir o'qi, UU_1 – silindrik adilak o'qi, nn_1 – doiraviy adilak o'qi.

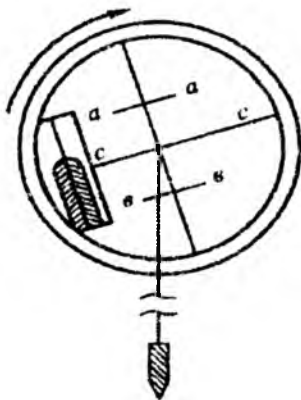
Nivelirlar quyidagi geometrik shartlarni qanoatlantirishlari kerak:

1. Doiraviy adilak o'qi asbob aylanish o'qiga parallel bo'lishi kerak. Bu shartni tekshirish uchun ko'tarish vintlari yordamida doiraviy adilak pufakchasi o'rta qismiga keltiriladi, so'ngra nivelir ustki qismi 180° ga buriladi, bunda doiraviy adilak pufakchasi ampula o'rta qismidagi nol punktida qolsa shart bajarilgan hisoblanadi. Aks holda doiraviy adilakning tuzatish vintlari yordamida pufakcha yarim og'ishga o'rta qismiga keltiriladi, so'ngra ko'tarish vintlari yordamida pufakcha ampula o'rta qismiga keltiriladi. Bu ish tekshirish sharti bajarilgunga qadar davom ettiriladi.

2. Nivelir aylanish o'qiga iplar to'rining vertikal ipi parallel bo'lishi, gorizontall ipi esa perpendikulyar bo'lishi kerak.

Iplar to'rining gorizontall va vertikal iplarini o'zaro perpendikulyarligi kafolatini asbob ishlab chiqaruvchi zavod beradi. Shu sababli nivelirni ushbu shartni tekshirishning turli usullari bor. Ulardan ikkitasini ko'rib chiqamiz.

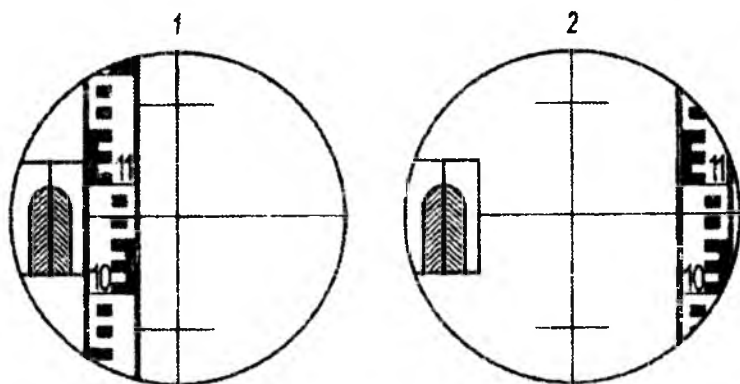
1-usul. Nivelirdan 20–25 metr uzoqlikdagi shamoldan pana joyda shovun osiladi (11.10-shakl). Nivelir doiraviy adilak yordamida ish holatiga keltiriladi va vertikal ip shovun ipiga qaratiladi, agar u shovun ipi bilan ustma-ust tushsa yoki 0,5 mm dan ko'pga og'masa shart bajarilgan hisoblanadi.



11.10-shakl. Nivelir aylanish o'qiga iplar to'rining vertikal ipi parallel bo'lish shartini tekshirish sxemasi

2-usul. Nivelirdan 5–8 metr masofada reyka o'rnatiladi va unga ko'rish trubasi qaratiladi. Dastlab nivelirning yo'naltiruvchi vinti yordamida reyka tasvirini ko'rish maydonini chap tomoniga keltiriladi va o'rta gorizontall ipdan sanoq olinadi (11.11-shakl, 1).

Shundan so'ng yo'naltiruvchi vinti yordamida reyka tasvirini ko'rish maydonini o'ng tomoniga keltiriladi va o'rta gorizontall ipdan yangi sanoq olinadi (11.11-shakl. 2). O'ng va chap holatdagi sanoqlar farqi 1 mm dan farq qilmasa shart bajarilgan hisoblanadi.

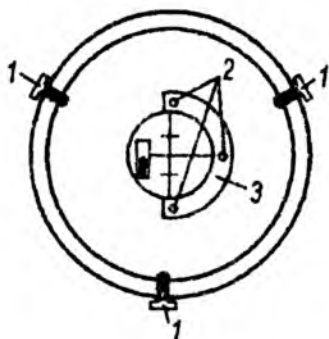


11.11-shakl. Nivelir aylanish o'qiga iplar to'rining gorizontall ipi esa perpendikulyar bo'lish shartini tekshirish sxemasi

Agarda shart bajarilmasa nivelirini tuzatish kerak bo'ladi. Elevatsion vintli H 3 yoki H10 nivelirlarni tuzatish uchun okulyar oldidagi g'ilof yechilishi kerak. Shundan so'ng iplar to'ri chizilgan plastinkani (11.12-shakl. 3) maxkamlovchi vintlar (2) bo'shatiladi.

Nivelir aylanish o'qiga iplar to'rining vertikal ipi parallel bo'lish shartini tuzatishda va iplar to'ri chizilgan plastinka vertikal ip bilan shovun ipi ustma-ust tushguncha buriladi.

Nivelir aylanish o'qiga iplar to'rining gorizontall ipi esa perpendikulyar bo'lish shartini tuzatishda esa avval chap r o'ng holatdagi reyka sanoqlarini o'rtacha qiymati hisoblanadi, keyin iplar to'ri bo'shatilib, iplar to'ri gorizontall ipining uchida o'rtacha sanoq hosil bo'lguncha buriladi

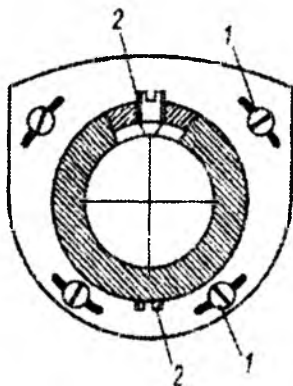


11.12-shakl. H3 nivelirining okulyarini tuzilish sxemasi:

1-okulyar qopqog'ini mustahkamlovchi vintlar; 2- iplar to'ri chizilgan plastinkani maxkamlovchi vintlar; 3- iplar to'ri chizilgan plastinka

Shundan keyin tuzatish vintlari mahkamlanib, tekshirishni takrorlash kerak.

Kompesatorli nivelirlarda (H 3K yoki H10K) iplar to'rini sozlash uchun ko'rish trubasini okulyar qismidan himoya qolpoqchasi olinadi (11.13-shakl), keyin iplar to'ri chizilgan plastinka ushlab turuvchi vintlar bo'shatiladi va iplar to'ri chizilgan plastinkani o'rta ipni gorizontol holatga kelguncha buraladi. So'ngra tuzatish vintlari qayta mahkamlanib, tekshirishni takrorlanadi.

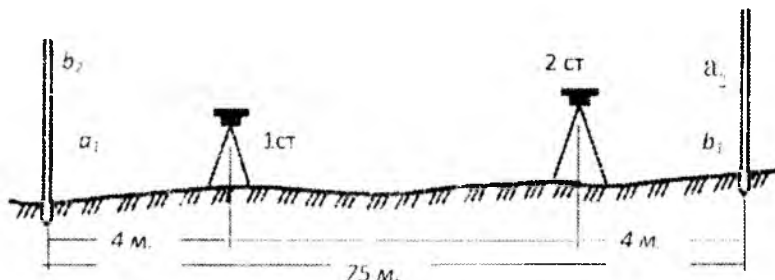


11.13-shakl. Kompesatorli nivelirning okulyarini tozilish sxemasi:

1-okulyarni mustahkamlovchi vintlar; 2- iplar to'ri chizilgan plastinkani maxkamlovchi vintlar;

3. *Qarash trubasining vizir o'qi silindrik adilak o'qiga parallel bo'lishi kerak (tsilindrik adilakli nivelirlarda) yoki qarash trubasining vizir o'qi gorizontal bo'lishi kerak (kompesatorli nivelirlarda).* Bu shartga nivelirni asosiy geometrik sharti deyiladi.

Tekshirish, joyda 50 – 75 metr masofada mahkamlangan 1 va 2 nuqtalarni (11.14-shakl) to'g'ri va teskari yo'nalishda oldinga nivelirlash yo'li bilan amalga oshiriladi.



11.14-shakl. Qarash trubasining vizir o'qi silindrik adilak o'qiga parallel bo'lish shartini tekshirish sxemasi

Nivelir 1 va 2 nuqtalarining yo'nalish stvori bo'yicha ushbu nuqtalar oralig'iga 1 nuqtaga yaqinroq qilib (4 yoki 5 metr masofada) o'rnatiladi. 1 nuqtaga quyilgan reykanan a_1 sanog'i olinadi. Shundan so'ng reyka 2 nuqtaga o'rnatiladi va b_1 sanog'i olinadi.

Shundan so'ng nivelir 1 va 2 nuqtalarining yo'nalish stvori bo'yicha 2 nuqtaga yaqinroq qilib o'rnatiladi (4 yoki 5 metr). 2 nuqtaga quyilgan reykanan a_2 sanog'i olinadi. Shundan so'ng reyka 2 nuqtaga o'rnatiladi va b_2 sanog'i olinadi.

Reykanan sanoq olish vaqtida silindrik adilakli nivelirlarda ko'rish maydonidagi adilak pufakchasi yarim pallalarining tasviri tutashirilgan bo'lishi kerak. Kompesatorli nivelirlarda esa doiraviy adilak pufakchasi nol punktida bo'lishi kerak.

Asosiy geometrik shartni bajarilmaslik xatosi α deb belgilanib quyidagi ifoda bilan topiladi:

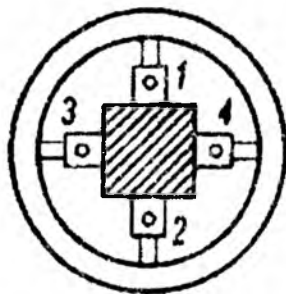
$$x = \frac{(a_1 + a_2)}{2} - \frac{(b_1 + b_2)}{2} \quad (11.12)$$

Agar x ning qiymati 4 mm ga teng yoki undan kichik bo'lsa unda nivelir asosiy sharti bajarilgan hisoblanadi. Aks holda reykadan oxirigi marta olingan sanoqning tuzatilgan qiymati

$$b_{2\text{tuz}} = (b_2 + x)$$

hisoblab topiladi.

Shundan keyin silindrik adilakli nivelirlarda elevatsion vint yordamida iplar to'ringing gorizontal o'rta ipi tuzatilgan $b_{2\text{ry3}}$ sanoqqa to'g'irlanadi. Bunda silindrik adilak pufakchasi nol punktdan og'adi. TSilindrik adilakning 4ta tuzatgich vintlari (11.15- shakl) yordamida pufakcha uchlari birlashtiriladi ya'ni adilak pufakchasi nol punktiga keltiriladi. Bunda dastlab 3 va 4 tuzatish vintini burash orqali silindrik adilak o'zagi bo'shatiladi. So'ngra 1 va 2 tuzatish vintlarini 1 xil yo'nalishda chap yoki o'ng yo'nalishda burash orqali silindrik adilak o'zagi aerakli holatga keltiriladi.



11.15-shakl. Silindrik adilakni tuzatgich vintlari

Kompesatorli nivelirlarda esa doiraviy adilak pufakchasi nol punktiga keltirilib, iplar to'ringing yuqori va pastida joylashgan tuzatish vintlari yordamida gorizontal ip tuzatilgan $b_{2\text{tuz}}$ sanog'iga to'g'irlanadi.

Tuzatish to'g'ri bajarilganligiga ishonch hosil qilish uchun tekshirish takrorlanadi.

Xar qanday geodezik asboblari kabi **raqamli nivelirlar** ham bir yilda bir karra tekshiriladi. Tekshirishda asosan vizir o'qini gorizont tekisigidan og'ish aniqlanadi. Bunda eng ko'p qo'llanadigani Kukkamiyaki usulidir¹⁴. Tekshirishda aniqlangan nosozlikni servis markazlari bartaraf etadi.

11.6. Trigonometrik nivelirlash

Trigonometrik nivelirlashda nisbiy balandlik nuqtalar oraliq'idagi yo'nalishning qiya burchagini o'lchash orqali aniqlanadi.

Qiyalik burchagini o'lchashda teodolit yoki taxeometr qo'llanadi. Bunda ikki nuqta orasidagi qiyalik burchagi va masofa o'lchanadi, hamda o'lchash natijalaridan nuqtalarning nisbiy balandligi trigonometrik formulalar yordamida hisoblab chiqariladi.

Nisbiy balandlikni aniqlash uchun A nuqtaga teodolit (taxeometr), B nuqtaga tik qilib vaxa yoki reyka o'rnatiladi (11.16- shakl). Teodolit ko'rish trubasidan vaxaning uchidagi M nuqtaga qarab qiyalik burchagi ϑ o'lchanadi. Joydagi A va B nuqtalar orasidagi masofaning gorizontali proektsiyasi $AB' = d$ bo'lsa M/N uchburchakdan quyidagini yozish mumkin:

$$MN = h' = d \operatorname{tg} \vartheta, \quad (11.13)$$

Shaklda

$$h + l = i + h' \quad (11.14)$$

bu formulada h' o'ringa uning qiymatini qo'ysak

$$h + l = d \operatorname{tg} \vartheta + i,$$

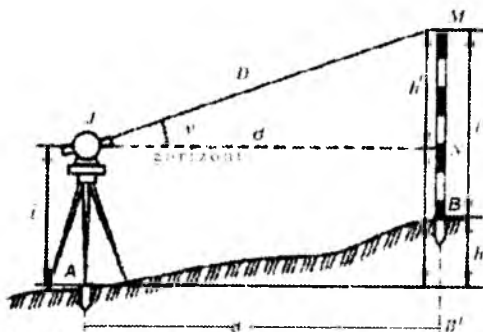
bundan

$$h = d \operatorname{tg} \vartheta + i - l. \quad (11.15)$$

Bevosita nivelirlash vaqtida asbobning balandligi i va vaxaning uzunligi l ruletka yordamida o'lchanadi. Agar asbob balandligiga teng bo'lgan kesma B nuqtaga o'rnatilgan vaxada oldindan belgilab qo'yilsa va teodolit (taxeometr) bilan vertikal burchak o'lchashda uning vizir nuri shu belgiga yo'naltirilsa, bunday paytda $i = l$ bo'lganligidan nivelirlash formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

¹⁴ D: Ni 12, 12T, 22 (foydalanish qo'llanmasi) Trimble, 2015

$$h = d \operatorname{tg} v. \quad (11.17)$$



11.16- shakl. Trigonometrik nivelirlash sxemasi

Trigonometrik nivelirlash topografik plan olishda, balandliklardagi farq katta bo'lgan nuqtalarni, masalan, tog', tepalik va boshqa relef shakllarini, turli buyum va inshootlarning balandligini aniqlashda qo'llaniladi.

11.7. Barometrik nivelirlash

Bu usul yerdan baland ko'tarilgan sari havo bosimining kamaya borishi qonuniyatiga asoslangan. Barometrik nivelirlash natijasida nuqtalarning balandligi 1–2 metr aniqlikda topiladi. Shuning uchun aniqlikda nivelirlash talab qilinmaydigan ishlarda, masalan, turli ekspeditsiyalarda, geologik, geografik va boshqa tekshirishlarda biror joyning reliefini dastlabki o'rganishda nivelirlashning bu turidan foydalaniladi.

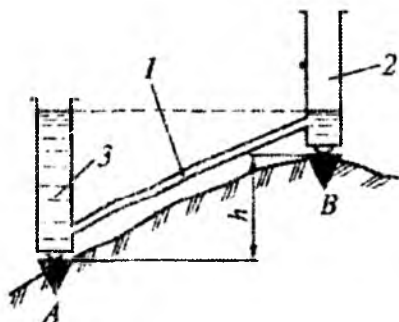
Barometrik nivelirlashda barometr-anoroid va boshqa asboblardan foydalaniladi.

11.8. Hidrostatik nivelirlash

Bu usulda joydagi nuqtalarning balandliklardagi farq o'zaro bog'liq ikkita idishdagi suyuqlik sathini kuzatish yo'li bilan aniqlanadi. Bu usulda nuqtalarning nisbiy balandligi $\pm 1-2$ mm aniqlikda topiladi. Montaj ishlarida, yirik inshootlarning

deformatsiyasini muntazam ravishda kuzatish kerak bo'lganda va boshqa ishlarda gidrostatik nivelirlash qo'llaniladi. Bu usul sodda bo'lib, undan yopiq, tor va qorong'i joylarda ham foydalanish mumkin.

Gidrostatik nivelirlash bir-biriga tutashtirilgan ikki idishdagi suyuqlik sathining bir xil bo'lishi qonuniyatga asoslangan. Bu xildagi nivelirlashda **gidrostatik nivelir** deb ataladigan asbob ishlatiladi. (7.18 – shakl).



7.18-shakl. Gidrostatik nivelirlash sxemasi:

1-tutashtirish shlangi; 2.-shisha naychalar

Bu nivelir ikkita shisha naychadan iborat bo'lib, metall yoki plastmassadan yasalgan g'ilof ichiga joylangan. Naychalarning uzunligi 40 sm dan 4 m gacha bo'lishi mumkin. Naychalar uzunligi 20 – 40 m keladigan rezinka shlang bilan bir-biriga tutashtirilgan. Shlang va naychalar ichiga qaynagan sovuq suv quyilgan: suv sathi ana shu naychalarning yarmiga yetib turadi; suvga rang berilgan. Naychalarning sirtida millimetr yoki santimetrlarga bo'lingan shkalasi bor. Shkaladagi raqamlar 0 dan boshlab, naychaning tubidan yuqoriga qarab yozilgan.

Biror nuqtaning ikkinchi nuqtaga nisbatan balandligini aniqlashda gidrostatik nivelirlarning naychalari shu nuqtalarga o'rnatiladi va ulardagi suyuqlik sathiga to'g'ri kelgan shkala bo'lagidan sanoq olinadi. 7.18-shaklda B nuqtaning A nuqtaga nisbiy balandligi nivelir naychalaridagi suyuqlik sathining farqiga tengbo'ladi.

Ichiga suv to'ldirilgan nivelir bilan ishlashda nuqtalar nisbiy balandligi 1–2 mm aniqlikda o'lchanadi. Hidrostatik nivelirlash aniqligini oshirish maqsadida naychalar sathidan sanoq olish uchun maxsus mikrometr vintlar ishlatiladi.

Katta aniqlik talab qilinadigan montaj ishlarida gidrostatik nivelir naychalariga va shlangiga suv o'rniga simob qo'yiladi. Bunday nivelirdan sanoq olish uchun maxsus konstruktsiyadagi mikrometr vintlar ishlatiladi. Mikrometr vintlari bo'lgan va ichiga simob to'ldirilgan naychali gidrostatik nivelirlardan 1–10 mkm aniqlikda sanoq olinib, nuqtalar nisbiy balandliklari 5–10 mkm o'rtacha arifmetik xato bilan o'lchanishi mumkin.

Nazorat savollar:

1. Nivelirlash deganda nimani tushunasiz va qanday nivelirlash turlarini bilasiz?

2. O'rtadan va oldinga nivelirlashning mohiyatini tushuntirib bering.

3. Oddiy va murakkab nivelirlashning mohiyati nimadan iborat?

4. Nivelirlarning turlarini aytib bering.

5. TSilindrik adlakli nivelirlarni tekshirishni tushuntirib bering.

6. Nivelirlashda qanday reykarlar ishlatiladi va ularni belgilanishini tushuntirib bering.

7. Texnikaviy nivelirlashda xato chekini hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

8. Trigonometrik va gidrostatik nivelirlashlarning mohiyatini tushuntirib bering.

3 QISM. GEODEZIK TO'RV VA S'YOMKALAR

12. GEODEZIK TO'RLAR

12.1. Geodezik to'rv va geodezik punktlar mohiyati

Belgilangan hududni ma'lum bir zichlikda qoplab turgan, hamda joydagigeodezik s'yomka va turli injenerlik masalalarini yechish uchun asos bo'lgan tayanch punktlarini bog'lab turuvchi fazoviy analitik qurilmaga *geodezik to'rv* yoki *geodezik asos* deyiladi.

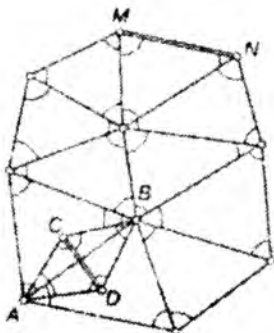
Geodezik tayanch punktlari deb joyga mustahkam o'rnatilgan va koordinatalari kerakli darajadagi aniqlikda bajarilgan o'lchashlar orqali ma'lum bo'lgan nuqtaga aytiladi.

Punktida aniqlangan va saqlanayotgan ma'lumotiga ko'ra geodezik to'rlar planli to'rlarga va balandlik to'rlariga bo'linadi.

*Geodezik planli to'rlar*dagi har bir punktida umumdaviat koordinata tizimida to'g'ri burchakli X ba Y koordinata qiymatlari aniqlanadi.

Planli geodezik to'rlar asosan *triangulyatsiya*, *trilateratsiya* va *poligonometriya* usullarida barpo qilinadi.

Triangulyatsiya va trilateratsiya usullarida barpo qilingan to'rv uchburchaklar qatori ko'rinishida bo'lib, *triangulyatsiyada* uchburchaklar qatoridagi barcha uchburchak ichki burchaklari va qator chetidagi uchburchakni chet tomon (chiqish tomoni) uzunliklari o'lchanadi. Bu o'lchangan qiymatlar asosida qatordagi uchburchaklarning boshqa tomon uzunliklari hisoblab topiladi.

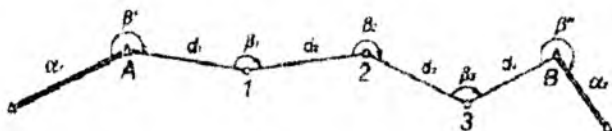


12.1-shakl. Triangulyatsiya to'rining ko'rinishi

Trilateratsiyada esa uchburchaklar qatoridagi barcha tomon uzunliklari o'lchanadi, uchki burchak qiymatlari esa hisoblab aniqlanadi.

Triangulyatsiya va trilateratsiya usullari asosan to'siqsiz ochiq joyda ko'proq qo'llanadi.

Poligonometriya usulida barpo qilingan geodezik to'r tutash siniq chiziqlar ko'rinishida bo'lib, unda to'rdagi barcha burilish burchaklari va tomon uzunliklari o'lchanadi.



12.2-shakl. Poligonometriya to'rini ko'rinishi

Geodezik planli to'rlarda tomonon burchagi va punktlardan birining koordinatalari orqali to'rdagi qolgan xamma punktlarning koordinatalari hisoblab topiladi.

Geodezik balandlik to'rlaridagi har bir punktda esa ularning mutloq balandliklari (otmetkalari) aniqlanadi. Geodezik balandlik to'rlari asosan geometrik nivelirlash usuli orqali yaratiladi.

Geodezik to'rlar umumiydan xususiya o'tish tarzida, ya'ni avval katta hududda siyrak va juda yuqori aniqlikdagi punktlar to'ri hosil qilinib, so'ng ular oralig'i bosqichma bosqich zichlashtiriladi. Zichlashtirishda punktlar orasi kamayib boradi va aniqlik darajasi ham kamayib boradi. Bunda navbatdagi har bir bosqich oldingisiga bog'lanib boradi.

Aniqligi va ahamiyati bo'yicha geodezik to'rlar uch xil gruxlarga ajratiladi: *davlat geodezik tayanch to'rlari*, *geodezik zichlashtirish to'rlari* va *maxalliy s'yomka to'rlari*.

12.2. Davlat geodezik tayanch to'rlari

Davlat planli geodezik to'rlari davlat hududida, ma'lum bir geometrik shaklda yaratiladi va aniqligi bo'yicha 4 toifaga bo'linadi: 1 klass, 2 klass, 3 klass va 4 klass. Quyi klass to'rlari aniqligi bo'yicha o'zidan yuqori to'r punktlariga tayangan holda yaratiladi.

Davlat planli geodezik to'rlariga qo'yilgan talablar

Toifasi	Tomon uzunligi (km)	Triangulyatsiya		Trilateratsiya	Poligonometriya	
		Burchak o'lchash o'rta kvadratik xatosi	Tomon o'lchash nisbiy xatosi	Tomon o'lchash nisbiy xatosi	Burchak o'lchash o'rta kvadratik xatosi	Tomon o'lchash nisbiy xatosi
I klass	20dan katta	0.7"	1: 400 000	-	0.4"	1: 400 000
2 klass	20-7	1.0"	1: 300 000	-	1.0"	1: 200 000
3 klass	8-5	1.5"	1: 200 000	1: 100 000	1.5"	1: 160 000
4 klass	5-2	2.0"	1: 200 000	1: 40 000	2.0"	1: 40 000

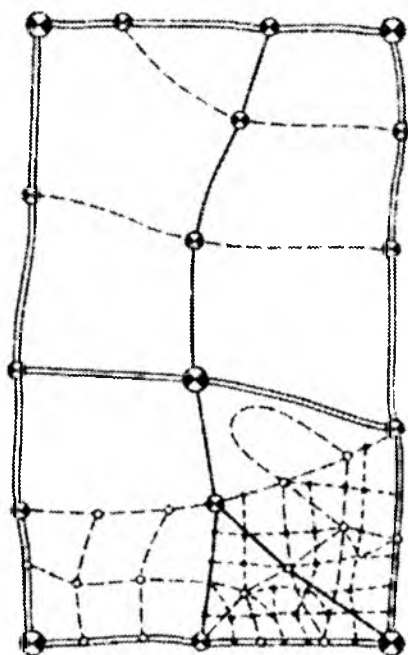
Davlat balandlik geodezik to'rlari asosan geometrik nivelirlash usullari bilan barpo qilinadi va aniqligi bo'yicha 4 toifaga bo'linadi: I klass, II klass, III klass va IV klass.

Dastlab I klass nivelirlash yo'llari o'tkaziladi, keyin ular oralig'i II klass, III klass va IV klass yo'llarini o'tkazish orqali zichlashtiriladi.

I klass va II klass nivelirlash yo'l to'ri butun davlat hududi uchun yagona balandlik asosi bo'ladi.

Davlat balandlik to'ri quyidagi aniqlikda barpo etiladi: I klass nivelirlash yo'lidagi nivelirlash o'rta kvadratik xato 1km yo'lda $m_{h_{chek}} = \pm 0.5 \text{ mm}$, II klass nivelirlash yo'lida $m_{h_{chek}} = \pm 2.5 \text{ mm}$, III klass nivelirlash yo'lida $m_{h_{chek}} = \pm 5 \text{ mm}$, va IV klass nivelirlash yo'lida $m_{h_{chek}} = \pm 10 \text{ mm}$.

Barcha klass nivelirlash yo'llari har 5 km da geodezik nuqta bilan belgilanadi. Balandlik to'ridagi geodezik nuqta grunt repri, devoriy marka yoki devoriy reper tarzida bo'lishi mumkin.



12.3-shakl Davlat balandlik
geodezik to'rlari sxemasi:



I klass nivelirlash.



II klass nivelirlash.



III klass nivelirlash



IV klass nivelirlash

12.3. Geodezik zichlashtirish to'rlari

Turli bino va onshootlarni qurish maqsadida olib boriladigan qidiruv ishlarini bajarish uchun joyd davlat geodezik to'r punktlari y yetarli bo'lm asligi mumkin. Bunday xollarda davlat geodezik tayanch to'r punktlari orasiga qo'shimcha punktlar o'rnatiladi va bunga *geodezik to'rlarni zichlashtirish* deyiladi.

Planli zichlashtirish to'rlari asosan triangulyatsiya va poligonometriya usulida yaratiladi. Aniqligi bo'yicha ular ikki toifaga: 1-razryadli va 2-razryadli to'rga farqlanadi.

Zichlashtirish to'rlariga qo'yilgan talablar

triangulyatsiya				poligonometriya		
toifasi	Tomon uzunligi (km)	Burchak o'lchashi o'rt. kvadratik xatosi	Chiqish tomoni nisbiy xatosi	Tomon uzunligi (m)	Burchak o'lchash o'rt. kvadratik xatosi	Chiqish tomoni nisbiy xatosi
1razryad	5–2	5"	1: 50 000	600– 120	5"	1: 10 000
2razryad	3–0,3	10"	1: 25 000	400–80	10"	1: 5 000

Balandlik zichlashtirish to'rlari geometrik nivelirlash usulida barpo qilingan texnikaviy nivelirlash yo'llaridan tashkil topadi. Balandlik punktlarioralig'ida yoki yopiq poligon tarzida nisbiy balandliklar xatosi $\pm 50\text{mm} \sqrt{L}$ dan katta bo'lmaydigan qilib o'tkaziladi.

12.4. Mahalliy s'yomka to'rlari

Mahalliy s'yomka to'rlari ma'lum bir hududda turli masshtabdagi karta va plan tuzish uchun joy tafsiloti va relefini s'yomka qilish uchun mo'ljallangan tayanch nuqtalarini bir tizimda tutashtirish uchun yaratiladi.

Shuningdek ular turli injenerlik-geodezik ishlarida, masalan turli inshootlar loyihasini tuzish maqsadida olib boriladigan qidiruv ishlarida, tuzilgan loyihalarni joyga ko'chirishi hamda inshootlar qurilishida va boshqa qidiruv ishlari uchun barpo qilinishi mumkin.

Ular davlat geodezik tayanch punktlariga, yoki geodezik zichlashtirish punktlariga bog'langan holda yaratiladi va ularga nisbatan ancha zich joylashadi.

Planli mahalliy s'yomka to'rlari asosan triangulyatsiya yoki poligonometriya usulida yaratiladi. Agar to'r triangulyatsiya usulida qurilsa - u analitik to'r, poligonometriya usulida qurilsa - teodolit yo'li yoki taximetrik yo'l deb atalishi mumkin. Shuningdek ushbu to'r merzula yo'llari va geometrik to'r yasash usullarida barpo etiladi.

Planli mahalliy s'yomka to'rlarini qurish usuli joyning sharoitiga hamda plan olish to'rini qanday maqsadda qurilishiga qarab tanlanadi. O'zlashtirilmagan baland-past joylarda va imorat tushmagan ochiq joylarda analitik to'rlar quriladi, o'zlashtirilmagan va daraxtlar o'sib turgan hamda imoratlar bor joylarda teodolityo'llari o'tkaziladi.

Teodolit yo'li va analitik to'r punktlarning koordinatalari joyda o'lchangan burchak va masofa qiymatlari asosida hisoblab chiqariladi. S'yomka to'ri punktlarining joydagi o'rni menzula yo'llari va geometrik to'r yasash usullarida grafik usulda ham aniqlanishi mumkin.

Balandlik mahalliy s'yomka to'rlari geometrik nivelirlash usulida barpo qilingan texnikaviy nivelirlash aniqligida bo'ladi. Planli va balandlik s'yomka to'rlari birgalikda yoki alohida - alohida qurilishi mumkin.

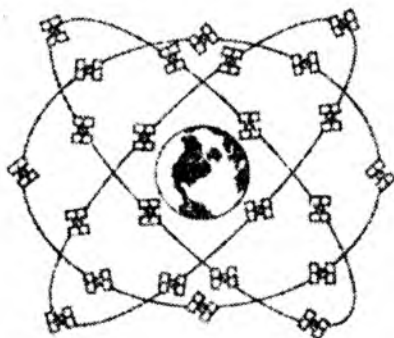
12.5. Geodezik tayanch punkt koordinatasini yer sun'iy yo'ldoshlari yordamida aniqlash

Ma'lum orbitalardagi maxsus yer sun'iy yo'ldoshlarining signallaridan foydalanib nuqtaning koordinatasi (o'rmini - pozitsiyasini)ni aniqlash yangi geodezik texnologiya hisoblanadi. Hozirda sun'iy yer yo'ldoshlaridan foydalanib koordinatalarni aniqlashda uch xil balandlikdagi orbitalarda uchayotgan yo'ldoshlar tizimidan foydalanilmoqda. bular : Rossiyaning GLONASS (Sun'iy yo'ldoshlar global navigatsiya tizimi), Amerikani HAVSTAR GPS - (masofa va vaqt aniqlashni navigatsiya tizimi, koordinata aniqlashni global tizimi),

Yevropaning GALILEO tizimlari. Sun'iy yo'ldoshlardan foydalanib koordinata (nuqta o'rnini) aniqlash uch sigmentdan iborat: yer yo'ldoshlari – *kosmik apparatlar, yerdan nazorat qilish va boshqarish va qabul qilish qurilmasi* (foydalanuvchi apparatlari).

Kosmik apparatlar segmenti: GPS va GLONASS tizimlarining har biri 24 ta (21 ta foydalanishda va uchasi zahirada) yo'ldoshdan iborat bo'lib, ular yer atrofida doiraviy orbita bo'yicha aylanadi.

GLONASS yo'ldoshlari 3 ta orbita tekisligida yer atrofini aylanadi, har bir orbitada 8 tadan yo'ldosh bo'lib, orbita balandligi 19150 km aylanish davri 11 soat 16 minutni tashkil etadi (12.4-shakl).

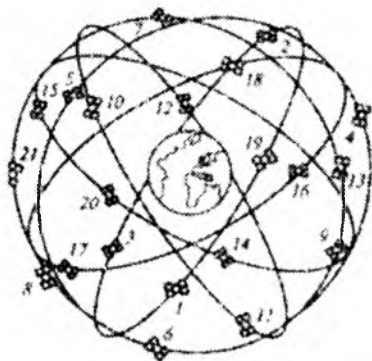


12.4-shakl. GLONASS
navigatsiya tizimi

GPS yo'ldoshlar orbitasi oltita tekislikda joylashgan bo'lib, ularning har birida to'rttadan yo'ldosh mavjud (12.5-shakl). Orbitaning o'rtacha balandligi 20180 km bo'lib, yer atrofi aylanish davri 11 soat 58 minutga teng. Bu tizimda yerning ixtiyoriy nuqtasidan ixtiyoriy vaqtda qabul qilish qurilmasi eng kamida 4 ta yo'ldosh signalini qabul qilish imkoniyatiga ega.

Yevropaning GALILEO tizimi 30 yo'ldoshdan iborat bo'lib, ulardan 3 tasi zahirada, yer atrofini 23200 km balandlikda ekvator tekisligiga nisbatan 56° qiyalik burchagida bo'lgan uch orbital tekislikda aylanadi. Uchta yo'ldoshlar tizimidan bir vaqtda

foydalanilganda yer sharini to'liq qoplagan holda foydalanuvchilarga 70 ta kosmik apparat xizmat qiladi. Har bir yo'ldoshga quyosh batareyasi, qabullovchi – uzatuvchi apparatlar, chastota va vaqt etaloni, bort kompyuterlari, lazer dalnomerlari uchun akslantirgichlari o'rnatiladi.



**12.5-shakl. GPS
navigatsiya tizimi**

Yerdan nazorat qilish va boshqarish segmenti: yo'ldoshlarni kuzatish stantsiyasi, aniq vaqt xizmati, bosh stantsiyada joylashtirilgan hisoblash markazi va yo'ldosh bortini ma'lumotlar bilan yuklovchi stantsiyadan iborat bo'ladi. Sutka davomida ikki marta, kuzatish punktidan lazer dalnomeri yordamida har bir yo'ldoshgacha bo'lgan masofalar o'lchanadi. Orbitadagi yo'ldoshlar holati to'g'risida yig'ilgan ma'lumotlar har bir yo'ldoshning bort kompyuteriga uzatiladi. Yo'ldoshlar foydalanuvchilarga o'lchash uchun zarur bo'lgan radio signallar vaqt ma'lumotlari va o'zining koordinatalarini uzluksiz yetkazib turadi.

Qabul qilish segmenti: yo'ldosh priyomnigi, boshqaruv antenasi, iste'mol manbai va boshqa yordamchi qurilmalardan iborat. yer sathidagi nuqtalarning koordinatalarini yo'ldoshlar yordamida aniqlash yo'ldoshlardan qabullovchi qurilmalarning uzoqligini radio dalnomer o'lchashlari orqali aniqlashga asoslangan.

Agar kuzatishda 3 ta yo'ldoshlargacha masofalar o'lchansa, yo'ldoshlarni shu vaqt momentidagi koordinatalari ma'lum bo'lsa, u holda chiziqli-fazoviy kesishtirish usulida qabul qiluvchi qurilmalar turgan nuqta koordinatasini aniqlash mumkin. Yo'ldoshlardagi soatlarni sinxron yurmasligi oqibatida yo'ldoshlar orasidagi aniqlangan masofalar haqiqiy masofalardan farq qiladi. Bunday xatolikka ega bo'lgan masofalar «soxta uzoqlik» deb nomlanadi. Koordinatalarni aniqlashda bunday xatoliklardan xoli bo'lish uchun bir vaqtning o'zida 4 tadan kam bo'lmagan yo'ldoshlarni kuzatish zarur bo'ladi. Yo'ldoshlar yordamida koordinatalarni aniqlash koordinata boshi yer massasini markazida bo'lgan to'g'ri burchakli Grinvich fazoviy koordinatalar sistemasida ishlaydi. GPS tizimida dunyo geodezik sistemasini WGS – 84 (World Geodetic System, 1984-y.) koordinatalar sistemasidan GLONASS da P3–90 (parametr zemli, 1990-y.) koordinatalar sistemasidan foydalaniladi. Ikkala koordinata sistemalari bir-biridan mustaqil holda yuqori aniqlikdagi geodezik va astronomik kuzatishlar natijasida qabul qilingan. Bu koordinata sistemalari turli ellipsoidlarga asoslangan va turli hududlar bo'yicha orientirlangan bo'lganligi uchun yer yuzasidagi bir nuqtaning geodezik va to'g'ri burchakli koordinatalari bir – biriga mos kelmaydi. Hozirda ishlatilayotgan zamonaviy qabullovchi qurilmalar GPS yo'ldoshlari bilan ishlaydi. Shu sababli nuqtalar koordinatalari WGS-84 sistemasidan olinadi. Har bir davlat o'z koordinata sistemasiga yoki mahalliy koordinata sistemasiga o'tinoqchi bo'lsa u holda transformatsiyalovchi dasturdan foydalanib koordinatalar qayta ishlanadi.

O'zbekiston Respublikasi hududida 2005 – 2007-yillarda yuqori aniqlikdagi yo'ldoshli geodezik to'ri (YGT-0) qurildi. Boshlang'ich Kitob punktini hisobga olganda u 20 ta punktdan iborat. Kitob punkti dunyo kosmik to'riga kiritilganligi sababli uning efemeridasi har sutkada internetda berib boriladi. YGT – punktlari O'zbekiston Respublikasi hududida bir tekisda joylashtirilgan bo'lib, ulardan foydalanib topografik – geodezik, kadasr va yer o'lchash ishlarini bajariladi, geodezik to'rlarni

zichlashtirish punktlarining koordinatalari hisoblanadi. O'zbekiston Respublikasi hududida 1990-yilgacha barpo etilgan to'ring 14145 ta punkti mavjud.

Nazorat savollar:

1. Davlat geodezik to'ri qanday tuzilgan?
2. Planli va balandlik davlat to'rlarini barpo etish usullari.
3. Triangulyatsiya, trilateratsiya va poligonometriya to'rlarining orasidagi o'xshashlik va farqlarni ayting.
4. Bazis to'ri qanday ko'rinishga ega bo'ladi va nima uchun kerak?
5. Planli tayanch punktlari joyda qanday mahkamlanadi va belgilanadi?
6. Balandlik tayanch punktlari joyda qanday mahkamlanadi va belgilanadi?
7. Zichlashtirish geodezik to'rimni barpo etish sabablari va ularni barpo etish aniqliklarni aytib bering
8. Mahalliy s'yomka to'rlari nima maqsadda yaratiladi ?
9. Sun'iy yo'ldoshlardan foydalanib koordinata aniqlashning uch segmentini aytib bering.
10. GPS va GLONASS tizimlari orasidagi farq nimadan iborat?

13. GEODEZIK S'YOMKALAR

13.1. Geodezik s'yomka mohiyati

Geodeziya fanining vazifalariga ilmiy va ilmiy texnik masalalarni yechish va yer yuzasidag hududning karta, plan va profilarini tuzish uchun kerak bo'ladigan kattaliklarni joyda o'lchash, ya'ni geodezik ma'lumotlarni olish kiradi.

Karta, plan yoki profil tuzish maqsadida geodezik ma'lumotlarni olish uchun bajariladigan jarayonlar yig'indisiga *s'yomka*¹⁵ deyiladi.

Quyidagi geodezik o'lchash ishlari s'yomkada asosiy jarayon hisoblanadi: chiziqli o'lchash, burchakli o'lchash va balandlik o'lchash ishlari.

Chiziqli o'lchashlar natijasida joydagi nuqtalar orasidagi chiziq uzunligi aniqlanadi.

Burchakli o'lchashlar natijasida joyda belgilangan nuqtalarga bo'lgan yo'nalish orasidagi gorizont va vertikal burchak qiymatlari aniqlanadi.

Balandlik o'lchash natijasida joydagi nuqtalar orasidagi nisbiy balandlik qiymatlari aniqlanadi.

S'yomka qaysi ma'lumot aniqlanishiga ko'ra gorizont (konturli), vertikal va topografik s'yomka turlariga bo'linadi.

Gorizontul s'yomkada joydagi tafsilotni belgilovchi xarakterli nuqtalarning planli o'rni aniqlanadi va natijada joy tafsilotini konturli plani (kartasi) tuziladi.

Vertikal s'yomkada joydagi relefni xarakterli nuqtalarining balandlik holati aniqlanadi. Odatda bunday s'yomka natijasida berilgan joyning profili tuziladi.

Shaxarsozlik norma va qoidalari me'yorida ko'rsatilishicha (SHNQ 1.02.08-15, 10.3-punkti) ko'pimoratli hududlarda 1:2000 – 1:500 masshtablardagi gorizont s'yomka alohida yoki vertikal s'yomka bilan birga bajarilishi mumkin. gorizont s'yomkani vertikal s'yomka bilan birga bajarilishi *topografik s'yomka* deb nomlanadi.

¹⁵ ingliz tilida-surveying

Topografik s'yomka jaroyonida joydagi tafsilotni belgilovchi nuqtalarning planli o'rni va balandligi, hamda relef xarakterli nuqtalarining balandlik qiymatlari aniqlanadi. Bunday s'yomka natijasida joyning topografik plani yoki kartasi tuziladi.

O'lchash jaroyonida qanday asbob va uslubiyat qo'llanishiga qarab texnikaviy aniqlikdagi s'yomkani quyidagi asosiylariga ajratish mumkin: teodolit s'yomkasi, taximetrik s'yomka va menzula s'yomkasi.

S'yomka qilinadigan joy tafsilotining shakli, kontur chegaralarini murakkabligi, s'yomka qilinuvchi tafsilot xarakterli nuqtalarini uzoq-yaqinligiga qarab quyidagi asosiy usullardan biri qo'llanadi:

- quthiy usul;
- perpendikulyar usuli;
- chiziqli kesishtirish usuli;
- burchakli kesishtirish usuli.

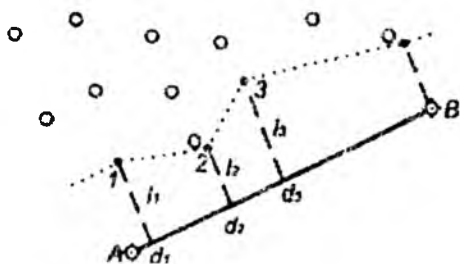
S'yomkani barcha usullarida abrislar tuzilishi, bino (inshoot) konturi va ular orasidagi masofalar nazorat sifatida o'lchanishi kerak.

Quthiy usul – teodolit yo'li qirrasidan tafsilotlarning xarakterli nuqtasigacha bo'lgan masofani o'lchash imkoniyati bo'lgan joylarda qo'llanadi (13.4-shakl). Bunda yo'l qirralarinig biriga teodolit o'rnatiladi va gorizontal doira limb sanog'i 0° ga keltirilib yo'lning boshqa qo'shni qirrasiga yo'nalish olinadi. Bu yo'nalish **quth yo'nalishi** bo'ladi. So'ngra gorizontal doira limbi mahkamlangan holda alidada bo'shatilib ko'rish trubasi soat mili yo'nalishida navbatma navbat tafsilotning xarakterli nuqtalariga qaratiladi. Bunda har bir qarashda goizontal doira limbidan sanoq olinadi, ipli dalnomer bilan S masofa o'lchanadi. Gorizontal limb sanoqlari qutb yo'nalishi chizig'i bilan tafsilot xarakterli nuqtasi yo'nalishi orasidagi burchak β ni ifodalaydi. Xar bir stantsiyada ish oxirida ko'rish trubasi qaytadan qutb yo'nalishiga qaratiladi va bundagi gorizontal doira sanog'i limbni boshlang'ich sanog'i 0° ga nisbatan $\pm 1'$ ga farq qilishi mumkin.



13.4-shakl. Qutbiy usuldagi s'yoinka sxemasi

Perpendikulyar usuli tafsilotning xarakterli nuqtalaridan teodolit yo'li tomoniga perpendikulyar tushirish mumkin bo'lgan joylardagi o'lloq.



13.5 – shakl. Perpendikulyar usulida s'vodka sxemasi

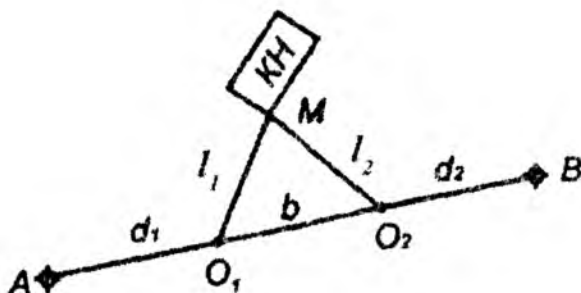
Masalan teodolit yo'lining AB tomoniga (13.5–shakl) nisbatan 1, 2 va 3 raqamli tafsilot nuqtalari o'rtmini aniqlash uchun A qirradan B ga qarab ruletka tortiladi va AB chizig'iga tafsilot nuqtalaridan perpendikulyar yo'nalish l_1, l_2 ba l_3 tushiriladi. Tushirilgan perpendikulyar bilan kesishishadigan nuqtalar belgilanib d_1, d_2 ba d_3 sanoglari ruletkadan olinadi. l_1, l_2 ba l_3 perpendikulyarlar uzunligi ham ruletkada o'lchanadi.

Bu usulda natijada xato kam bo'lishi uchun s'yomka qilinuvchi tafsilot nuqtasi va tayanch orasidagi perpendikulyar tomon uzunligi ma'lum bir me'yordan ortmasligi kerak. Masalan

1:2000 masshtabdagi s'yomkada 8 metrdan, 1:1000 masshtabdagi s'yomkada 6 metrdan, 1:500 masshtabdagi s'yomkada 4 metrdan ortmasligi tavsiya etiladi. (SHNQ 1.02.08–15, 10.3.3-punkti).

Agar perpendikulyar tomon uzunligi bu me'yordan ortsa eker asbobidan foydalaniladi. Ekker qo'llanganda perpendikulyar uzunligini 1:2000 masshtabdagi s'yomkada 60 metrgacha, 1:1000 masshtabdagi s'yomkada 40 metrgacha, 1:500 masshtabdagi s'yomkada 20 metrgacha olish mumkin.

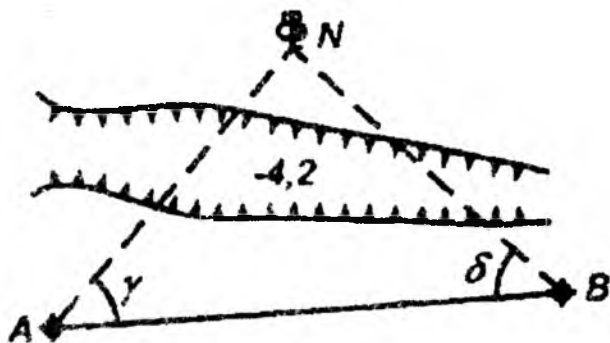
Chiziqli kesishtirish usuli tafsilotdagi aniq nuqtali predmet va binolarni s'yomkasida qo'llanadi (13.6 –shakl). Bu usulda ham perpendikulyar usulga o'xshab ruletka ishlatiladi.



13.6-shakl. Chiziqli kesishtirish usulida s'yomka sxemasi

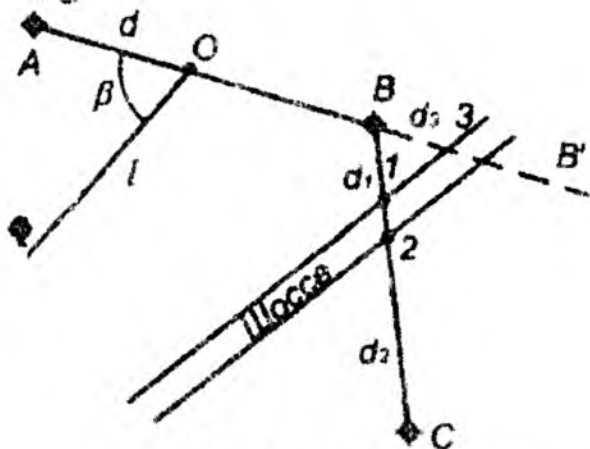
Bu usulda natijada xato bo'lmashligi uchun s'yomka qilinuvchi tafsilot nuqtasidan tayanch tomon (nuqta) orasida kesishuvchi chiziqlar uzunligi perpendikulyar tomon l_1, l_2 uzunligi ruletka uzunligidan ortmasligi kerak.

Burchakli kesishtirish usuli teodolit yo'li tomoniga nisbatan uzoqda joylashgan va borib bo'lmash tafsilot nuqtalarini s'yomkasida qo'llanadi. Masalan 13.7-shakldagi N nuqta s'yomkasi uchun A va B qirralariga teodolit qo'yilib teodolit yo'lini AB tomoniga nisbatan γ va δ burchaklari o'lchanadi.



13.7-shakl. Burchakli kesishtirish usulida s'yomka sxemasi

Stvor usuli biror tafsilot teodolit yo'li tomonini yoki uni davom ettirishdan hosil bo'lgan chiziqni kesib o'tganda qo'llanadi. 13.8-shakldagi 1, 2 va 3 predmet nuqtalarining o'rni d_1 , d_2 va d_3 kesma uzunliklarini o'lchash orqali aniqlanadi.



13.8-shakl. Stvor usulida s'yomka sxemasi

13.2. Teodolit s'yomkasi

Teodolit s'yomkasi deb joydagi ma'lum bir hududning gorizontal – konturli s'yomkasiga aytiladi. Teodolit s'yomkasi natijasida joyning tafsiloti ya'ni joydagi kontur va mahalliy predmetlar tasvirlangan plan tuziladi.

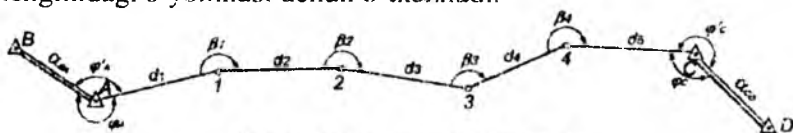
U yirik masshtabli s'yomkalardan biri bo'lib, asosan aholi yashash joylari, sanoat korxonalari, qurilish maydoni kabi murakkab tafsilotli va ko'pimoratli tekis joyda bajariladi.

Teodolit s'yomkasida dastlab s'yomka asosi, ya'ni geodezik tayanch nuqtalarini tutashtiruvchi *teodolit yo'li* hosil qilinadi.

Teodolit yo'llari poligonometriya yo'llariga o'xshash tutash sinmq chiziqlar ko'rinishida bo'lib, undagi barcha burilish burchaklari va tomon uzunliklari o'lchanadi. Poligonometriyadan farqi – qirralar orasidagi tomon uzunliklarini kaltaroq ekanligi va o'lchashlarda aniqlik darajasini pastroq ekanligidir. O'lchashlarda gorizontal burchaklar texnik teodolitlar bilan, tomon uzunliklari esa po'lat lenta va ruletka yoki optik dalnomerlar bilan o'lchanadi. Teodolit yo'llari uch xil: 1:3000, 1:2000 va 1:1000 aniqligida bo'lishi mumkin. Ular planli davlat geodezik to'ri yoki zichlashtirish to'ri kabi aniqligi o'zidan yuqori bo'lgan asos punktlariga tayangan holda yaratiladi. Teodolit yo'llari s'yomka uchun asos bo'lishidan tashqari boshqa injener geodezik ishlari uchun asos sifatida qo'llanashi mumkin.

Teodolit yo'llarining shakli s'yomka qilinuvchi hudud xarakteriga bog'liq bo'lib, notutash, tutash (poligon) va osma yo'l ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Notutash yo'llar chiziqli inshootlarda joyni ma'lum bir kenglikdagi s'yomkasi uchun o'tkaziladi.

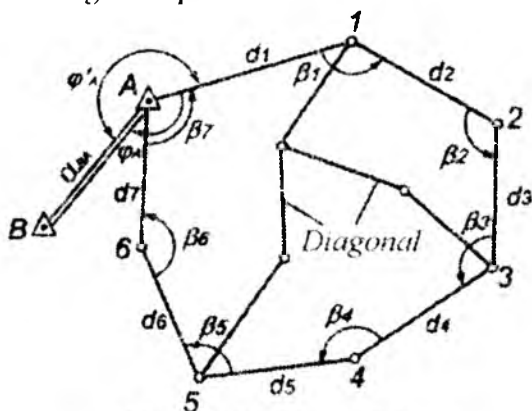


13.1-shakl. Notutash teodolit yo'li

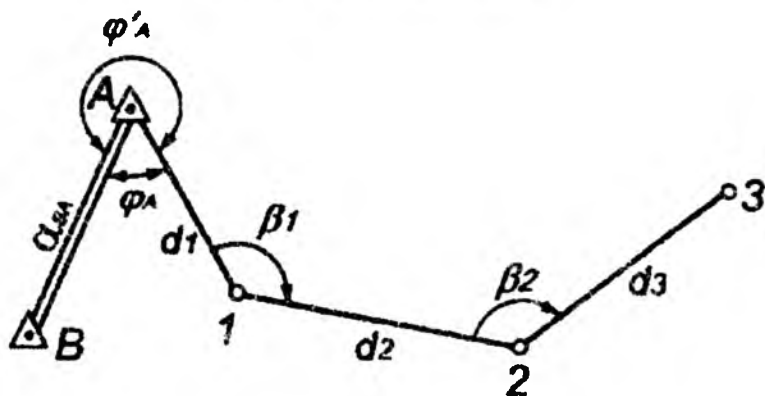
Bunday yo'llarning boshlang'ich va oxirigi nuqtalari geodezik tayanch punktlariga tayanadi (13.1–shakl.)

Tutash yo'l (poligon) bu lta geodezik tayanch punktiga bog'langan holda o'tkazilgan tutash shakldagi ko'pqirra bo'lib (13.2-shakl), u odatda aholi yashash joylarini va qurilish maydonlari s'yomkasi uchun hudud ichida o'tkaziladi. S'yomka hududi katta bo'lganda va zaruriy holatlarda s'yomka asosidagi

nuqtalar orasini zichlashtirish maqsadida poligon o'rtasida diagonal yo'llar o'tkaziladi. Diagonal yo'llar soni bir nechta bo'lishi va ular tugun nuqtalarda tutashishlari mumkin.



13.2 -shakl. Tutash teodolit yo'li



13.3-shakl. Osmu teodolit yo'li

Osmu teodolit yo'li deb shaklan notutash teodolit yo'liga o'xshash bo'lib – yo'lning boshlang'ich uchi geodezik tayanch punktiga bog'langan va oxirigi nuqtasi esa hech qanday tayanch punktiga bog'lanmagan holda o'tkazilgan yo'lga aytiladi (13.3-shakl). Osmu teodolit yo'lining uzunligi s'yomka masshtabiga bog'liq: 1:2000 masshtabdagi s'yomkada u 300 metrdan

ortmasligi, 1:1000 masshtabdagi s'yomkada esa 200metrdan ortmasligi kerak. Osma yo'llar faqat konturi qat'iy bo'lmagan obyektlar s'yomkasida ishlatiladi.

Teodolit s'yomkasi *tayyorgarlik ishlaridan, dala ishlaridan va kameral ishlardan* tashkil topadi.

13.2.1. Teodolit s'yomkasidagi tayyorgarlik ishlari

Tayyorgarlik davrida joy tafsiloti s'yomkasining masshtabi tanlanadi. S'yomka qilinishi kerak bo'lgan hududga tegishli kartografik materiallar (karta, plan va profil) o'rganiladi, karta yoki plan nusxasida bo'lajak teodolit yo'lining sxemasi belgilanadi, yo'l bog'lanishi uchun zarur bo'lgan geodezik geodezik tayanch punktlari tanlanadi va ushbu tayanch punktlarining koordinata qiymatlari arxivdan aniqlanadi.

13.1-jadval

Teodolit yo'l uzunliklari, m

S'yomka masshtabi	Ochiq joy va imoratli hudud			Yopiq joy	
	Teodolit yo'ldagi aniqlik darajasi				
	1:3000	1:2000	1:1000	1:2000	1:1000
1:500	0,9	0,6	0,3	-	-
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,5
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0

Shuningdek geodezik tayanch punktlari orasida o'tkazilmoqchi bo'lgan teodolit yo'li uzunliklari belgilanadi. Bunda yo'l uzunligining me'yori s'yomka masshtabidan va joy sharoitidan kelib chiqqan holda tanlanadi. 13.1-jadvalda me'yoriy talablar asosida belgilangan teodolit yo'llari uzunliklarini cheki ko'rsatilgan.

13.2.2. Teodolit s'yomkasidagi dala ishlari

Teodolit yo'lni s'yomkasidagi ish hajmining eng ko'p qismi dala ishlariga to'g'ri keladi. Bu ishlar joy rekognostsirovkasi, teodolit yo'lni joyda belgilash, yo'lni geodezik tayanch punktlariga bog'lash va tafsilot s'yomkasidir.

Rekognostsirovka deb s'yomka obyekti bilan tanishish-tayyorgarlik ishi davrida tuzilgan loyihani joyga mos kelishini aniqlashga aytiladi. Rekognostsirovkada teodolit yo'li bog'lanuvchi tayanch punktlarining joydagi o'rni aniqlanadi. Uni natijasida zarur xollarda loyihaga o'zgartishlar kiritiladi.

Teodolit yo'lini joyda belgilash uchun yog'och yoki temir qozoqlardan foydalaniladi. Ishni bajarishda quyidagi me'yor talablariga e'tibor berish kerak¹⁶:

- Yo'l qirralaridagi nuqtalarning o'rni ikki yondagi qo'shni nuqta bilan o'zaro ko'rinishga ega bo'lishi kerak;

- Yo'l tomonlari o'lchashga qulay joylardan o'tishi va yo'l tomoni yo'nilishida og'ish burchaklarining qiymati $\pm 5^\circ$ dan katta bo'lmasligi kerak;

- Tomon uzunliklari 350 metrdan katta va ko'pimoratli hududda 20 metrdan kichik bo'lmasligi, imorasiz hududda 40 metrdan kichik bo'lmasligi o'rtachasi esa 200 metr atrofida bo'lishi kerak;

- Yo'l tomonlari orasidagi gorizontal burchaklar qiymatan 180° ga yaqin va tomonlar uzunligi o'zaro bir-biriga yaqin bo'lsa maqsadga muvofiq bo'ladi.

Teodolit yo'llari 1:2000 va 1:3000 aniqlikda o'tkazilishi mumkin. **Teodolit yo'lini o'tkazishda** yo'l qirralaridagi gorizontal burchaklar va qirralar orasidagi gorizontal masofa uzunligini o'lchashni bir vaqtda bajarish tavsiya etiladi. 1:2000 aniqlikdagi teodolit yo'llarida gorizontal burchaklar ikkita yarim priyomdan iborat bitta priyomda o'lchanadi. 1:3000 aniqlikdagi teodolit yo'llarida esa gorizontal burchaklar yarim priyomli ikkita priyomda o'lchanadi. Yarim priyomlar da aniqlangan burchak qiymatlarini o'zaro farqi 1:2000 aniqlikdagi teodolit yo'llarida $45''$ dan ortmasligi 1:3000 aniqlikdagi teodolit yo'llarida esa $25''$ dan ortmasligi kerak¹⁷

Masofa uzunliklari esa to'g'ri va teskari yo'nalishda optik dainomer yoki po'lat ruletka bilan o'lchanadi. Masofa o'lchashda

¹⁶ SHNQ 1.02.08-15, 9.3-punkti

¹⁷ SHNQ 1.02.08-15, 9.3-punkti

tomon yo'nalishi gorizontga nisbatan $1,5^\circ$ dan ortsa – qiyalik uchun tuzatma kiritish kerak bo'ladi.

Teodolit yo'llaridagi va poligonidagi burchak bog'lanmaslik xatosini cheki quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$f_B \leq 3t\sqrt{n}, \quad (13.1)$$

bunda t -burchak o'lchovchi asbob aniqligi, n – yo'ldagi yoki poligonidagi burchaklar soni.

Teodolit yo'lini geodezik tayanch punktlariga bog'lash deganda geodezik tayanch punktlaridan orientirlash uchun direksion burchak va koordinatalarni teodolit yo'liga uzatish maqsadida o'lchash ishlarini bajarish tushuniladi.

Bunda bog'lanuvchi tayanch punktlarning soni teodolit yo'li shakliga bog'liq. yo'l bog'lanishi uchun kamida 2ta tayanch punkti va 1 ta tayanch tomonining direksion burchak qiymati kerak bo'ladi. Bunday holat tutash yo'l (poligon) va osma yo'llar uchun o'rinnidir. Agar teodolit yo'li cho'ziq shaklli (ochiq poligon) shaklida bo'lsa- 4ta tayanch punktiga bog'lanish kerak bo'ladi. Masalan 13.1-shakldagi cho'ziq yo'lda A, B punktlari va AB tomonining direksion burchagi α_{AB} teodolit yo'lining boshlang'ich nuqtasi ni bog'lanishi uchun, C, D punktlari va CD tomonining direksion burchagi α_{CD} esa yo'l oxirida bog'lanish uchun kerakdir.

Teodolit yo'lining faqat bitta qirradi geodezik tayanch punktiga bog'lansa – o'lchashlarda yo'l qo'yilgan xato yo'lning umumiy holatiga ta'sir etadi va yo'l qirralarini bari bir xil siljigan bo'ladi. Bunday xatolikni oldiniolish maqsadida yo'l kamida ikkita geodezik tayanch punktiga bog'lanishi kerak.

Joy tafsiloti s'yomkasi teodolit yo'li joyda o'tkazib bo'lingach bajariladi. ko'p xollarda teodolit yo'lini o'tkazish bilan bir vaqtda tafsilotni s'yomka qilish ham bajariladi. S'yomka qilinadigan joy tafsilotining shakli. kontur chegaralarini murakkabligi, s'yomka qilinuvchi tafsilot xarakterli nuqtalarini uzoq-yaqinligiga qarab quyidagi asosiy usullardan biri qo'llanadi:

- qutbiy usul;
- perpendikulyar usuli;
- chiziqli kesishtirish usuli;

- burchakli kesishtirish usuli
- stvor usuli.

13.2.3. Teodolit s'ymkasidagi kameral ishlar

Teodolit s'ymkasidagi kameral ishlar hisoblash va chizma ishlaridan iborat bo'ladi. Hisoblash ishlari natijasida teodolit yo'li qirralarining koordinatalari aniqlanadi. Chizma ishlariga joyning tafsilotli planini tuzish kiradi.

Teodolit yo'lidagi burchak va tomon uzunliklarini o'lchash natijalarida tasoddiy xatolar mavjud bo'lib, bu xatolar jamlanib *bog'lanmaslik xatolarini* yuzaga keltiradi.

Kameral hisoblash ishlarida dastlab *bog'lanmaslik xatolarini aniqlash va bartaraf qilish bajariladi*. Teodolit yo'lini o'tkazishda bajarilgan o'lchash natijalarini kameral ishlovi dala o'lchash natijalari tushirilgan jurnallarni tekshirishdan boshlanadi. Bunda dala sharoitida bajarilgan hisoblashlar qayta ko'rib chiqiladi va o'lchangan gorizontalar burchak, tomon uzunlik qiymatlarini o'rtachalari chiqariladi.

So'ngra teodolit yo'li qirralarining koordinatasini aniqlash bo'yicha hisoblashlar bajariladi.

Teodolit yo'li qirralarining koordinatasini aniqlash bo'yicha hisoblash ishlari quyidagilardan tashkil topadi:

1. O'lchangan gorizontalar burchaklar bo'yicha bog'lanmaslik xatosi topib tuzatishlar kiritiladi

2. Teodolit yo'l tomonlarining direksion burchak qiymatlari hisoblanadi.

3. Yo'l tomonlarining gorizontalar quyilmasi aniqlanadi (zarur holatlarda).

4. Yo'l qirralari uchun koordinata orttirmalari hisoblab, xatoliklari tarqatiladi.

5. Xar bir yo'l qirrasining koordinata qiymatlari hisoblanadi.

Teodolit yo'lida o'lchangan gorizontalar burchaklar bo'yicha bog'lanmaslik xatosini aniqlash quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$f_{\beta} = \sum_{1}^n \beta_a - \sum_{1}^n \beta_n, \quad (13.1)$$

Bunda f_{β} – burchak bog‘lanmaslik xatosi; $\sum_1^n \beta_a$ – o‘lchangan burchaklar yig‘indisi; $\sum_1^n \beta_n$ – burchaklarni nazariy yig‘indisi.

Gorizontal burchaklarning nazariy yig‘indisi yo‘l shakliga, yo‘l qirralarini qaysi yo‘nalishda nomerlanishiga, o‘lchanadigan burchaklarni ichki yoki tashqi bo‘lishiga bog‘liq bo‘ladi:

1) agar yo‘l tutash (poligon) shaklida bo‘lib, undagi ichki burchaklar o‘lchangan bo‘lsa

$$\sum_1^n \beta_n = 180^\circ(n - 2); \quad (13.2)$$

2) agar yo‘l tutash (poligon) shaklida bo‘lib, undagi tashqi burchaklar o‘lchangan bo‘lsa

$$\sum_1^n \beta_n = 180^\circ(n + 2); \quad (13.3)$$

3) agar yo‘l notutash (poligon) shaklida bo‘lib, undagi o‘ng burchaklar o‘lchangan bo‘lsa

$$\sum_1^n \beta_n = \alpha_{bosh} - \alpha_{ox} + 180^\circ(N + 1); \quad (13.2)$$

4) agar yo‘l notutash (poligon) shaklida bo‘lib, undagi chap burchaklar o‘lchangan bo‘lsa

$$\sum_1^n \beta_n = \alpha_{ox} - \alpha_{bosh} + 180^\circ(N + 1), \quad (13.2)$$

bularda n – yo‘ldagi burchaklar soni, N – yo‘ldagi tomonlar soni.

Teodolit yo‘llaridagi burchak bog‘lanmaslik xato qiymatini cheki quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$f_{\beta_{chek}} = \pm 2m\sqrt{n}. \quad (13.3)$$

bunda m – gorizonta burchak o‘lchash aniqligi.

Agar o‘lchangan burchaklarning bog‘lanmaslik xato qiymati chekli qiymatidan katta bo‘lsa, hisoblash natijalari qayta tekshiriladi va kerak bo‘lsa burchaklar qayta o‘lchanib xatolik topiladi va tuzatiladi. Aks holda burchaklarning bog‘lanmaslik xato qiymati (13.4) ifoda orqali xamma o‘lchangan burchaklarga

teng va o'zining ishorasiga teskari ishora bilan tuzatma tarzida tarqatiladi.

$$v_{\beta_n} = -\frac{f_{\beta}}{n} \quad (13.4)$$

Ushbu bog'lanmaslik xato qiymatini teng tarqatishda qoldiq qolmasligi kerak. Shuning uchun ayrim burchaklarga boshqalariga nisbatan kattaroq tuzatma berishga to'g'ri keladi. Qisqa tomonlar orasidagi burchak qiymati uzun tomonli burchaklarga qaraganda kattaroq xato bilan o'lchangani uchun ularga kattaroq tuzatma beriladi.

Tarqatilgan tuzatmalar yig'indisi bog'lanmaslik xatosi qiymatiga teskari ishora bilan teng bo'lishi kerak:

$$\sum_1^n v_{\beta} = -f_{\beta}. \quad (13.5)$$

Tuzatma olgan burchaklarning yig'indisi nazariy yig'indiga teng bo'lishi kerak.

Teodolit yo'l tomonlarining direksion burchak qiymatlari hisoblash yo'l qirralari koordinatalarini to'g'ri geodezik masalada yechish uchun kerak. Bunda o'lchangan gorizont burchaklar yo'lining yo'nalishi bo'yicha yo'lni o'ng tomonida yoki chap tomonida bo'lishi mumkinligi inobatga olinadi kitobni 4.8 bo'limida keltirilgan (4.8) va (4.9) formulalaridan foydalaniladi.

Yo'l qirralari uchun koordinata orttirmalari va koordinata qiymatlarini hisoblash uchun kitobni 4.9 bo'limida keltirilgan to'g'ri geodezik masala formulalaridan foydalaniladi.

Koordinata orttirmalari uchun:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= d \cdot \cos \alpha = d \cdot \cos r \\ \Delta y &= d \cdot \sin \alpha = d \cdot \sin r \end{aligned} \right\}$$

Koordinata qiymatlari uchun: $\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + \Delta x \\ y_2 &= y_1 + \Delta y \end{aligned} \right\}$

Hisoblangan koordinata orttirmalarining qiymatlariga dalada o'lchangan burchak va masofa o'lchash ishlaridagi xatolar ta'sir etadi.

Koordinata orttirmalaridagi bog'lanmaslik xatosi quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$f_x = \sum_1^n \Delta x_a - \sum_1^n \Delta x_n, \quad f_y = \sum_1^n \Delta y_a - \sum_1^n \Delta y_n. \quad (13.6)$$

bunda $\sum_1^n \Delta x_a$ va $\sum_1^n \Delta y_a$ – koordinata orttirmalarining amaliy yig‘indisi; $\sum_1^n \Delta x_n$ va $\sum_1^n \Delta y_n$ – koordinata orttirmalarining nazariy yig‘indisi.

Koordinata orttirmalarining nazariy yig‘indisi (13.7) ifodasi bilan hisoblanadi.

$$\sum_1^n \Delta x_n = x_{ox} - x_6, \quad \sum_1^n \Delta y_n = y_{ox} - y_6. \quad (13.7)$$

bunda $-x_6, y_6$ va x_{ox}, y_{ox} -yo‘lning boshlang‘ich va oxirgi tayanch nuqtalarining koordinatalari.

Tutash yo‘llarda koordinata orttirmalarining nazariy yig‘indisi nolga teng bo‘ladi., notutash yo‘llarda esa ma‘lum bir qiymatga ega bo‘ladi. Ikkala holda ham koordinata orttirmalaridagi bog‘lanmaslik xatosi mavjud bo‘lishi mumkin. Ularning qiymati asosida teodolit yo‘lidagi perimetr absolyut bog‘lanmaslik xatosi f_p aniqlanadi (13.4 -shakl):

$$f_p = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}. \quad (13.8)$$

Perimetr absolyut bog‘lanmaslik xatosini yo‘l perimetriga nisbat perimetrdagi nisbiy bog‘lanmaslik xatosini ko‘rsatadi va uni kattaligi bo‘yicha teodolit yo‘lidagi burchak-masofa o‘lchashlarining aniqlik darajasini bilish mumkin

$$f_{nisb} = \frac{f_p}{P} = \frac{1}{N}. \quad (13.9)$$

Perimetrdagi nisbiy xato qiymati s‘yomka masshtabi va joy sharoitidan kelib chiqqan holda 1:3000 dan 1:1000 gacha borishi mumkin.

Perimetrdagi nisbiy xato qiymati kerakli darajani bermasabarcha dala o‘lchash ishlari va hisoblashlar qayta ko‘rib tekshiriladi. Bu holda xato aniqlanmasa, joyga chiqib teodolit yo‘li tomon uzunliklari nazorat tarzida qayta o‘lchanadi.

Agar perimetr xatosi qoniqarli bo'lsa f_x va f_y xatoliklari koordinata orttirmalariga tomon uzunligiga proporsional tarzda teskari ishora bilan tuzatma tarzida tarqatib beriladi:

$$v_{\Delta x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i, \quad v_{\Delta y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i. \quad (13.10)$$

bunda d_i - tuzatma beriladigan tomon uzunligi.

Hisoblangan tuzatmalar yig'indisi bog'lanmaslik xatoliklari f_x va f_y ga teskari ishora bilan teng bo'lishi kerak:

$$\sum_1^n v_{\Delta x} = -f_x, \quad \sum_1^n v_{\Delta y} = -f_y \quad (13.11)$$

Tuzatmalar natijasida qayta hisoblangan koordinata orttirmalarining yig'indisi orttirmalarining nazariy yig'indisiga teng bo'lishi kerak. Shundan so'ng yo'lning boshlang'ich qirrasi (nuqtasi)ning koordinatalari va tuzatilgan orttirmalar qiymati orqali yo'lning boshqa nuqtalarini koordinatalari hisoblanadi:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x, \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y \quad (13.12)$$

bunda i - teodolit yo'l qirralarining tartib raqami ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Chizma ishlari kameral ishlar yakunida bajariladi. Buning uchun hisoblash natijalarida aniqlangan teodolit yo'li qirralarining koordinata qiymatlari va dala s'yomkasida tuzilgan abris va tafsilot s'yomkasi jumalidan foydalaniladi.

Xozirgi kunda kameral hisob ishlari maxsus dasturlar orqali kompyuterda bajariladi. Shuningdek tafsilot planlari kompyuter dasturi asosida elektron grafik shaklida tuziladi va kerak holda ploterlar yordamida nashr qilinadi.

13.3. Taxeometrik s'yomka

Taxeometriya so'zi yunoncha «tachymetrio» – tez (tachys) o'lchash (metreo) so'zidan kelib chiqadi. Taxeometrik s'yomka topografik s'yomka turi bo'lib gorizont va vertikal s'yomkalarni bir vaqttni o'zida teodolit (taxeometr) asbobi bilan bajariladi. Buning uchun stantsiyadan tafsilot yoki relefni xarakterli nuqtasiga qo'yilgan reykaga qarab bir vaqttni o'zida dalnomer orqali reykagacha bo'lgan masofa, gorizont doira bo'yicha reykaga bo'lgan yo'nalishga mos sanog'i va vertikal doira

bo'yicha vizirlash(qarash) chizig'ining qiyalik burchak qiymatining sanog'i o'lchanadi. S'yomkada tayanch uchun geodezik asos sifati *taxeometrik yo'l* o'tkaziladi.

Taxeometrik s'yomka asosan yirik masshtabli (1:500–1:5000) topografik plan tuzish uchun bajariladi. U ko'proq relef notekis, maydoni katta bo'lmagan, eni tor va bo'yiga cho'zilgan hamda murakkab tafsilotli joylarda boshqa s'yomka turlarini qo'llash imkoniyati cheklangan yoki maqsadga muvofiq bo'lmagan xollarda qo'llanadi¹⁸.

Taxeometrik s'yomka ishlari ham *tayyorgarlik ishlaridan, dala ishlaridan va kameral ishlardan* tashkil topadi.

13.3.1. Tayyorgarlik ishlari

Tayyorgarlik ishlarida joy tafsiloti s'yomkasining masshtabi tanlanadi. S'yomka qilinishi kerak bo'lgan hududga tegishli kartografik materiallar (karta, plan va profil) o'rganiladi, *loyiha* tuziladi. Loyixa tuzishda barpo qilinaotgan taxeometrik yo'l tayanishi kerak bo'lgan joydagi geodezik tayanch punktlari tanlanadi, texnik me'yoriy talablar asosida taxeometrik loyihasi tuziladi. 13.2-jadvalda taxeometrik yo'l uzunliklariga bo'lgan talablar keltirilgan.

13.2-jadval

Taxeometrik yo'l uzunliklariga bo'lgan talablar

S'yomka masshtabi	Yo'lning maksimal uzunligi, m	Yo'l tomonlarining maksimal uzunligi, m	Yo'ldagi tomonlar soni
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:2000	300	150	3
1:500	200	100	2

Karta yoki plan nusxasida be'lajak taxeometrik yo'lning sxemasi belgilanadi, yo'l bog'lanishi uchun zarur bo'lgan

¹⁸ SHNQ 1.02.08-15, 10.5.1-punkti

geodezik geodezik tayanch punktlari tanlanadi va ushbu tayanch punktlarining koordinata va o'tmetka qiymatlari arxivdan aniqlanadi.

13.3.2. Dala ishlari

Dala ishlariga rekognostsirovka, geodezik s'yomka asosni joyda barpo qilish va barpo qilingan yo'lni geodezik tayanch punktlariga bog'lash hamda tafsilot va relefni s'yomka qilish ishlari kiradi.

Rekognostsirovkada taxeometrik yo'lni bog'lanuvchi tayanch punktlarining joydagi o'lni aniqlanadi. Zarur holatlarda loyihaga o'zgartishlar kiritiladi.

S'yomka asosi s'yomkadagi relef kesim balandligidan kelib chiqqan holda teodolit-nivelir yo'llari yoki taxeometrik yo'l ko'rinishida o'tkazish mumkin. Relef kesim balandligi 1 metrgacha bo'lganda — *teodolit-nivelir* yo'li, relef kesim balandligi 2 metr va undan ko'p bo'lganda *taxeometrik yo'l* barpo qilinadi.

S'yomka asosini **joyda belgilash** uchun yog'och yoki temir qoziqlardan foydalaniladi.

Teodolit-nivelir yo'llarida tomon uzunliklari po'lat ruletka yoki aniqligi bo'yicha mos keluvchi optik dalnomer (taxeometr) bilan o'lchanadi. Bunda nuqtalar orasidagi nisbiy balandliklar geometrik nivelirlash bilan aniqlanadi.

Taxeometrik yo'llarda yo'l qirralaridagi gorizonttal burchaklar ikkita yarim priyomdan iborat bitta priyomda, qiyalik burchak DO' va DCH holatda to'g'ri va teskari yo'nalishda, qirralar orasidagi tomon gorizonttal masofa uzunligi esa to'g'ri va teskari yo'nalishda ipli dalnomer yoki po'lat ruletka bilan o'lchanadi. O'lchash natijalari «taxeometrik yo'l jurnali»ga yoziladi va hisoblanib nazorat qilib boriladi. T30 teodolitlari bilan ikkita yarim priyomlarda aniqlangan burchak qiymatlarini o'zaro farqi 60" dan ortmasligi kerak. Masofa uzunligini to'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'lchangan farqi 1:400 dan ortmasligi kerak.

Masofa o'lchashda tomon yo'nalishi gorizontga nisbatan 1,5°dan ortsa — qiyalik uchun tuzatma kiritish kerak, ya'ni tomon gorizonttal quyilishi aniqlanadi. Tomon gorizonttal quyilishi va

qiyalik burchak qiymatlari asosida trigonometrik nivelirlash formulasi yordamida nisbiy balandliklar hisoblanadi.

To'g'ri va teskari yo'nalishda aniqlangan nisbiy balandlik qiymatlarini farqi har 100 metr masofa uchun 4 sm dan ortmasligi kerak.

Taxeometrik yo'lni geodezik tayanch punktlariga bog'lash
teodolit yo'lni geodezik tayanch punktlariga bog'lash (13.1) kabi bajariladi.

Bunda bog'lanuvchi tayanch punktlarning soni teodolit yo'li shakliga bog'liq. yo'l bog'lanishi uchun kamida 2 ta tayanch punkti va 1 ta tayanch tomonining direksion burchak qiymati kerak bo'ladi. Bunday holat tutash yo'l (poligon) va osma yo'llar uchun o'rinlidir. Agar taxeometrik yo'l cho'ziq shaklli (ochiq poligon) shaklida bo'lsa – 4 ta tayanch punktiga bog'lanish kerak bo'ladi (13.1-shakl).

Agar yo'lning faqat bitta qirradi geodezik tayanch punktiga bog'lansa – o'lchashlarda yo'l qo'yilgan xato yo'lning umumiy holatiga ta'sir etadi va yo'l qirralarini bari bir xil siljigan bo'ladi. Bunday xatolikni oldini olish maqsadida yo'l kamida ikkita geodezik tayanch punktiga bog'lanish kerak.

Joy tafsiloti va reefni s'yomka qilish

Joy tafsiloti va reefni s'yomka qilish ishlari taxeometrik yo'lni joyda o'tkazib bo'lgach, yoki taxeometrik yo'lni joyda o'tkazish bilan bir vaqtda bajarilishi mumkin.

Katta bo'lmagan maydonli (yuzasi 10 ga gacha bo'lgan) obyektlarda elektron taxeometr bilan s'yomka qilish taxeometrik yo'lni o'tkazish bilan bir vaqtda bajarilishi mumkin.¹⁹ Bunda har bir stantsiyada dastlab taxeometrik yo'lni o'tkazish uchun kerak bo'lgan o'lchashlar bajarilib, so'ngra joy tafsiloti va reefni s'yomka qilish bajariladi.

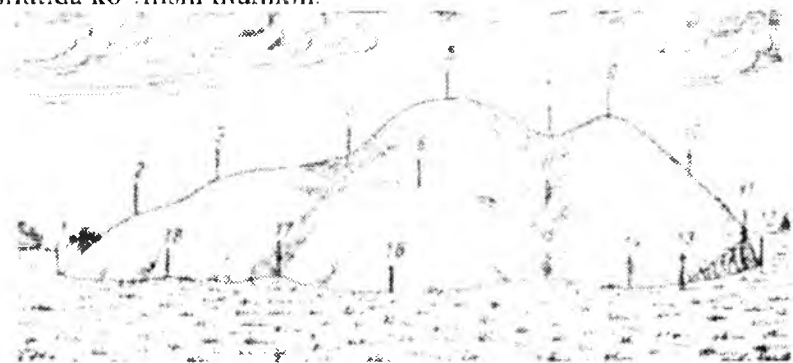
Joy tafsiloti va reefni s'yomka qilishda qutbiy usuli bilan xarakterli nuqtalarning planli o'rni va trigonometrik nivelirlash usuli bilan esa ularning balandligi aniqlanadi.

¹⁹ SHNQ 1.02.08-15, 10.5.2-punkti



13.4-shakl. Joy tafsilotiuning xarakterli nuqtalari

S'yomka jaroyonida joy tafsiloti va relefni xarakterli nuqtalarining o'rniga reyka qo'yilgani uchun bunday nuqtalar *reyka nuqtalari* yoki *piket nuqtalari* deb atalishi mumkin. Reyka nuqtalari konturli (13.4-shakl) va balandlik nuqtalari (13.5) sifatida ko'rilishi mumkin.



13.5-shakl. Joy relefining xarakterli nuqtalari

Har bir stantsiyada asbob turish nuqtasidan reyka nuqtalarigacha bo'lgan masofa uzunliklari s'yomka masshtabi va relef xarakteriga ya'ni relef kesim balandligiga bog'liqdir. 13.3-jadvalda optik teodolitlar bilan s'yomka qilishda asbobdan reyka nuqtalarigacha bo'lgan maksimal masofa uzunligi keltirilgan.

**Asbobdan reyka nuqtalarigacha bo'lgan maksimal masofa
uzunligi**

S'yomka masshtabi	Relief kesim balandligi, m	Maksimal masofa, m		
		Reyka nuqtalari oralig'i	Asbobdan reyka nuqtalarigacha	
			Tafsilot uchun	Relief uchun
1:5000	5,0	120	150	350
	2,0	100	150	350
	1,0	80	150	300
1:2000	5,0	60	150	250
	2,0	50	100	250
	1,0	40	100	250
1:1000	1,0	30	80	200
	0,5	40	100	200
1:500	0,5	20	60	150
	0,5	15	80	100

Elektron taxeometr bilan s'yomka bajarilganda asbobdan reyka nuqtalarigacha bo'lgan masofa uzaytirilishi mumkin:

– Joydagi aniq konturlar uchun; – 1:5000 masshtabda 1000 metrgacha, 1:2000 masshtabda 700 metrgacha, 1:1000 masshtabda 400 metrgacha va 1:500 masshtabda 250 metrgacha;

– Joydagi noaniq konturlar uchun; – 1:5000 masshtabda 1000 metrgacha, 1:2000 masshtabda 1000 metrgacha, 1:1000 masshtabda 600 metrgacha va 1:500 masshtabda 375 metrgacha.

Joy tafsiloti va relefni s'yomkasida gorizonttal burchaklar teodolitni asosiy DCH holatida o'rtacha $\pm 1'$ xatolik bilan o'lchanadi²⁰.

13.3.3. Taxeometrik s'yomkadagi kameral ishlar

Taxeometrik s'yomkadagi kameral ishlar quyidagilardan tashkil topadi:

²⁰ SHNQ 1.02.08-15. 10.3.5

- Dala o'lchash natijalarini tekshirish;
- S'yoinka uchun asos bo'lgan yo'l qirralarining planli va balandlik koordinata qiymatlari (x, y ba H)ni hisoblash;
- Xar bir stantsiyadagi reyka nuqtalarining o'tmetkalarini hisoblash;
- Joyning topografik planini tuzish.

Data o'lchash natijalarini tekshirishda qaytadan gorizonta va vertikal burchak qiymatlari hisoblanadi, tomonlarning gorizonta qo'yilmasi (proektsiyasi), to'g'ri va teskari yo'nalishlardagi nisbiy balandliklar va ularning o'rtacha qiymatlari hisob chiqariladi. Hisoblashda aniqlangan bog'lanmaslik xatolari chekli qiymati bilan taqqoslanadi va ular chekli qiymatdan ortmasa, tegishli tuzatmalar kiritish orqali yo'qotiladi.

Yo'l qirralaridagi nuqtalarning x, y koordinata qiymatlarini hisoblash va undagi bog'lanmaslik xatosini topib tuzatish teodolit yo'llaridagi kabi bajariladi. Bunda gorizonta burchak o'lchashlarda $30''$ aniqlikdagi texnik teodolit qo'llangan bo'lsa burchak bog'lanmaslik xatosi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$f_{\beta} = 2m\sqrt{n}, \quad (13.2)$$

bunda n - yo'ldagi qirralar soni.

Taxeometrik yo'ldagi perimetr bo'yicha bog'lanmaslik xatosi quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$f_P \leq \frac{P}{400\sqrt{N}}, \quad (13.3)$$

bunda P - yo'l perimetri, N - yo'ldagi tomonlar soni.

Yo'ldagi balandlik bog'lanmaslik xatosini aniqlashda yo'l shakli ahamiyatga egadir. u agar yo'l tutash bo'lsa (13.4) formulasi bilan, yoki yo'l notutash bo'lsa (13.5) formulasi bilan aniqlanadi.

$$f_h = \sum h \quad (13.4)$$

$$f_h = \sum h - (H_{ox} - H_{bosh}), \quad (13.5)$$

bulara $\sum h$ - yo'ldagi tomonlarning o'rtacha nisbiy balandliklari yig'indisi, H_{ox} ba H_{bosh} - yo'l oxiri va boshidagi tayanch nuqtalarining o'tmetkalari.

Aniqlangan yo'l balandlik bog'lanmaslik xatosini qiymati quyidagi ifoda bilan me'yorlanadi:

$$f_h \leq 0,04 \frac{P}{\sqrt{N}}, sm \quad (13.6)$$

Nisbiy balandlik bog'lanmaslik xatosi me'yordan ortmasa, ular teskari ishora bilan (13.7) formula asosida 0,01 metrgacha yaxlitlanib nisbiy balandliklarga tarqatiladi.

$$v_{h_i} = -\frac{f_h}{P} d_i \quad (13.7)$$

bunda d_i - taxometrik yo'ldagi mos tomon uzunligi.

Yo'ldagi tomonlar uchun tuzatilgan nisbiy balandliklar quyidagicha topiladi:

$$h'_i = h_i + v_{h_i}, \quad (13.7)$$

bunda h'_i – tomonlar uchun tuzatilgan nisbiy balandliklar, h_i – tomonlar uchun o'lgangan nisbiy balandliklar, v_{h_i} - tuzatma.

Tuzatilgan nisbiy balandliklar yig'indisi yo'lni boshlang'ich va oxiridagi nuqtalar otmetkalari farqiga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$\sum h' = (H_{ox} - H_{bosh}). \quad (13.8)$$

Tutash yo'llarda yo'l qayta boshlang'ich nuqtaga kelgani uchun bu qiymat nolga teng bo'ladi, notutash yo'llarda esa oxirigi nuqta otmetkasiga teng bo'ladi.

Yo'l boshlang'ich nuqtasining otmetkasi asosida tuzatilgan nisbiy balandliklar bilan yo'ldagi boshqa qirra nuqtalarning otmetkalari hisoblanadi:

$$H_i = H_{i-1} + h'_i \quad (13.9)$$

bunda H_i, H_{i-1} – navbatdagi va undan oldindagi nuqta (stantsiya) otmetkalari.

Hisoblangan otmetkalar taxometrik s'yomka jurnaliga tegishli stantsiya balandligiga ko'chirib yoziladi. Shundan so'ng har **stantsiyadagi reyka nuqtalarining otmetkalari** hisoblanadi:

$$H_n = H_{ST} + h_n, \quad (13.9)$$

Bunda: H_{ST} - tegishli stantsiya otmetkasi, h_n - reyka nuqtasining nisbiy balandligi.

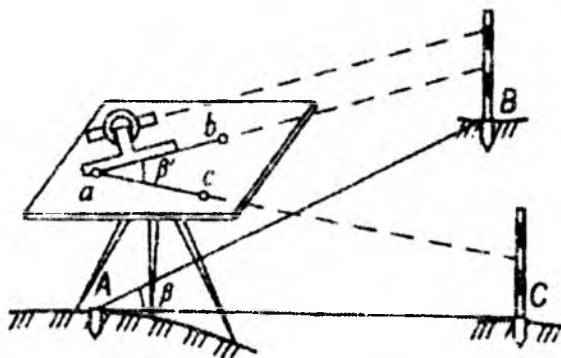
Hisoblash ishlari tugagach **joyning topografik planini tuzishga** kirishiladi Buning uchun hisoblash natijalarida

aniqlangan teodolit yo'li qirralarining koordinata qiymatlari va dala s'yomkasida tuzilgan abris (kroki) va tafsilot s'yomkasi jurnalidan foydalaniladi.

13.4. Menzula s'yomkasi

Menzula s'yomkasi deb menzula va kiprigel asboblari yordamida bajariluvchi joyning topografik s'yomkasiga aytiladi. Menzula s'yomkasi ko'pimoratli hududlarda 1:5000 va 1:2000 masshtabdagi, shuningdek imoratsiz hududlarda 1:1000 – 1:500 masshtabdagi topografik planlarni tuzishda boshqa s'yomkani qo'llash iqtisodiy jihatdan samarasiz yoki texnik jihatdan imkonsiz bo'lganda bajariladi.²¹

Agar teodolit va taxometr s'yomkasida yo'l qirrasini yoki tafsilotga bo'lgan yo'nalishlar orasidagi gorizontal burchaklar joyda o'lchanib yozib borilsa, menzula s'yomkasida gorizontal burchak o'lchanmasdan planda grafik usulda hosil qilinadi (13.6-shakl). Shuningdek joydagi tafsilot predmetlarining tasviri ham grafik usulda dala o'lchash ishlari bilan bir vaqtda planga tushiriladi.



13.6-shakl. Menzula va kiprigel yordamida gorizontal burchakni chizmaga tushirish.

Menzula s'yomkasida joyning tafsilot nuqtalarini planli o'rni bilan birga relef nuqtalari qog'ozga (planshetga) tushirilib,

²¹ SHNQ 1.02.08-15, 10.4.1.

ularning balandliklari trigonometrik nivelirlash orqali o'lchanib aniqlanadi va planda belgilangan o'rni yoniga yoziladi. So'ngra bu balandliklar bo'yicha interpolyatsiya o'tkazilib relef shu joyni o'zida gorizontallar bilan tasvirlanib boradi.

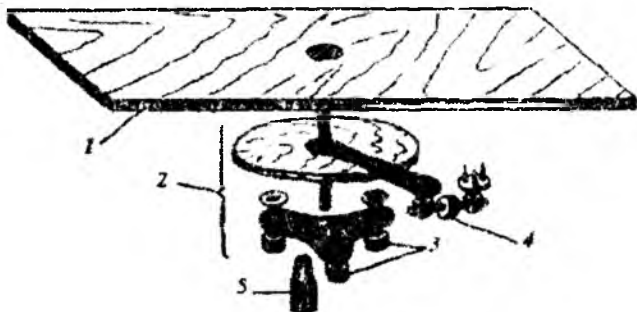
Menzula s'yomkasini boshqa s'yomkalardan afzalligi shundaki, bunda planga tushiriladigan hudud xamma vaqt s'yomka bajaruvchining ko'z oidida bo'ladi, bu esa tuzilayotgan planni joy bilan taqoslashga, joydagi tafsilotlar va relefni planda aniq va mukammal tasvirlashga imkon beradi.

S'yomkani bajarishda ob-havoga bog'liqlik, o'lchash va plan chizishni bir ijrochi tomonidan bajarilishi – ko'p vaqt sarflanishi ushbu s'yomkani kamchiligi hisoblanadi.

13.4.1 Menzula s'yomkasi jihozlari va ularni tekshirish

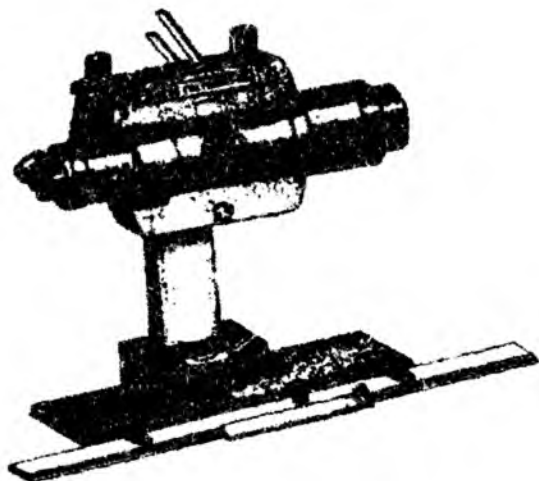
Menzula s'yomkasini bajarishda ishlatiladigan jihozlar menzula, kiprigel, orientirlash bussoli, markazlashtirish vitkasi, masshtabli chizg'ich va dalmomer reykasidan iborat bo'ladi.

Menzula 60 X 60 X 3 sm yoki 40 X 40 X 3 sm kattalikdagi (13.7-shaklda) planshet deb ataluvchi kvadrat taxta (1)dan iborat bo'lib, plan olishda taglik (2)ga o'rnatiladi, taglik esa o'rnatish vinti (5)yordamida shtativga mahkamanadi. Taglikdagi ko'tarish vintlar (3) orqali planshet gorizontol holatga keltiriladi. S'yomka uchun orientirlashda planshetni (4) yo'naltiruvchi vint orqali kichik burchakga burish mumkin.



13.7-shakl. Menzula plansheti.

Kipregel – menzula s'jomkasida menzula taxtasiga qo'yilib-
vizirlash, yo'nalishlarni chizish, masofani va qiyalik burchaklarini
o'lchash uchun ishlatiladigan asboddir.



13.8-shakl. KH kiprigelini ko'rinishi.

Hozirgi vaqtda KH, KH-K kabi nomogramkali *kiprigellar*
keng qo'llanmoqda.

S'jomka ishlarini boshlashdan avval *menzula va kiprigel*
tekshirilishi kerak.

Menzula plansheti quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- shtativga o'rnatilgan planshet turg'un bo'lishi kerak;
- planshet taxtasini ustki qismi tekis bo'lishi kerak,
- planshet taxtasining ustki qismi uning aylanish o'qiga
perpendikulyar bo'lishi kerak

Kiprigel quyidagi asosiy talablarga javob berishi kerak:

- kiprigel chizg'ichining yo'nilgan qirrasi to'g'ri, uning
pastga qaragan tomoni esa tekis bo'lishi kerak;
- kiprigelning asosiy chizg'ichidagi silindrik adlak o'qi
chizg'ichning ostki sirtiga parallel bo'lishi kerak;
- trubaning ko'rish o'qi truba aylanish o'qiga perpendikulyar
bo'lishi kerak;

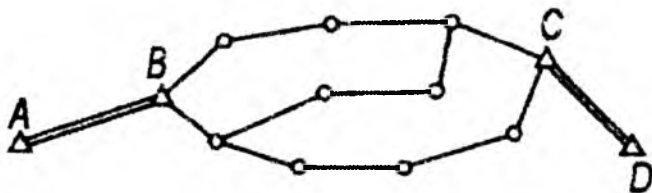
- trubaning aylanish o'qi chizg'ichning ostki sirtiga parallel bo'lishi kerak;
- iplar to'ringining vertikal ipi trubaning aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak;
- Ko'rish trubasining kollimatsion tekisligi kiprigel chizg'ichining yo'nilgan qirrasiga parallel bo'lishi kerak.

13.4.2. Menzula s'yomkasidagi tayanch to'rlar

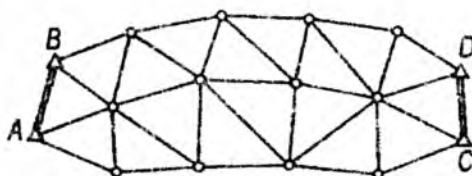
Menzula s'yomkasi ham boshqa topografik s'yomkalarga o'xshab tayanch nuqtalarida bajariladi.

Menzula s'yomkasida tayanch nuqta (punkt)larning soni planning masshtabiga bog'liq bo'ladi, 1:10000 masshtabda plan olishda har 1 km² joyga 2–3 ta, 1:5000 masshtabda 3–4 tayanch punkt, shahar va posyolkalardagi ochiq maydon 1: 2000 masshtabda planga olinganda esa har 1 km² ga 12 tadan, 1:1000 masshtabda kamida 16 ta tayanch punkt to'g'ri kelishi lozim.

Tayanch punktlarning koordinatalari *analitik yoki grafik* usullarda aniqlanishi mumkin. Tayanch to'rlarni **analitik usulda** barpo qilish geodezik tayanch to'r punktlarining zichligi yyetarli bo'lmaganda qo'llanadi. Tayanch punktlarning koordinatalari yoki tayanch punktlari orasida teodolit yo'lini o'tkazish orqali (13.9-shakl), yoki qisqa tomonli mikrotriangulyatsiya uchburchaklarini qurish orqali (13.10-shakl), yoki geodezik kesishtirish bilan aniqlanadi. Bu usullardan qaysi birining qo'llanilishi plan olinayotgan joyning xarakteriga bog'liq.

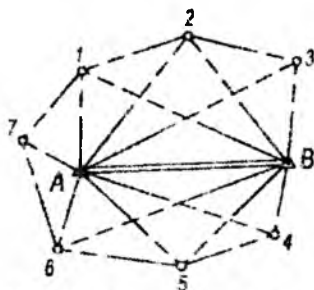


13.9-shakl. Teodolit yo'lini o'tkazish orqali tayanch to'r yaratish sxemasi



13.10-shakl. mikrotriangulyatsiya uchburchaklarini qurish orqali tayanch to'r yaratish sxemasi

Grafik usulda barpo qilingan tarmoqlarga *geometrik to'rlar* deyiladi. Ular planshetdagi o'rni ma'lum punktlarga yoki joyda bevosita o'lchanib planshetga tushirilgan bazis uchlariga asoslanib kesishtirish usulida ko'paytirilgan punktlar yig'indisidan iborat. Bu punktlarning absolyut balandliklari trigonometrik nivelirlash usulida aniqlanadi. Geometrik tarmoqlar bitta trapetsiya bilan chegaralangan kichik maydonni planga olishda yoki joydagi siyrak punktlarni zichlashtirishda qo'llaniladi.



13.11-shakl. Geometrik to'r sxemasi

1:5000 va undan yirik masshtabda plan olishda tayanch punktlarning koordinatalari analitik usulda aniqlanadi, qo'shimcha punktlar o'rni aniqlashda esa grafik usuldan foydalaniladi. 1:10000 va undan mayda masshtabda plan olishda bir necha punktning koordinatalari analitik usulda, ko'pchilik punktlarning planshetdagi o'rni esa grafik usulda aniqlanadi.

Balandlik tayanch tarmoqlarini barpo qilishda IV klass va texnikaviy nivelirlash yo'llari o'tkaziladi. Bunda texnikaviy nivelirlash chekli xatosi quyidagiga teng:

$$\Delta h_{cheki} = \pm 50mm\sqrt{L}$$

L – yo‘l uzunligi, km . Balandlik plan olish tarmoqlari menzula va kipregeldan foydalanib, trigonometrik nivelirlash usulida ko‘paytiriladi. Bunday nivelirlash chekli xatosi quyidagiga teng:

$$\Delta h_{cheki} = \left(\frac{0.04 \sum d}{\sqrt{n}} \right) sm$$

bunda: $\sum d$ – tomonlarning perimetri, km ; n – tomonlar soni.

Plan olishda bitta planshet bilan kifoyalaniladigan bo‘lsa, joyning o‘rta qismidagi bazisga asoslanib geometrik to‘rlar o‘tkazish mumkin. Buning uchun bazisning uzunligi planshetda 6–10 sm qilib olinadi. Geometrik to‘r punktlari teng tomonli uchburchak hosil qilishi hamda 30° dan kichik va 150° dan katta bo‘lmagan burchak bilan kesishishi lozim. Har bir uchburchak uchidan kamida uchta boshqa punkt ko‘rinadigai bo‘lishi kerak. Punktlarning bir-biridan uzoqligi joyning xarakteriga va plan olish masshtabiga bog‘liq. Umuman, planshetda geometrik to‘r punktlari har 20–25 sm^2 ga bittadan to‘g‘ri kelishi lozim. Punktlar o‘rni uzunligi 3–6 m keladigan vexalar bilan belgilanadi. Vexa uzoqdan yaxshi ko‘rinishi uchun uchiga bayroqcha, lenta bog‘lab qo‘yiladi. Geometrik to‘r punktlari joyda tanlanib va belgilanib bo‘lgandan so‘ng ularning planshetdagi o‘rni va otmekasi aniqlanadi.

Ikki nuqtaning nisbiy balandliklari to‘g‘ri va teskari yo‘nalishda aniqlanadi. Nisbiy balandliklar farqi har 100 m da 4 sm dan oshmasligi kerak. Agar farq (xato) yo‘l qo‘yiladigan miqdorda bo‘lsa, nisbiy balandliklarning o‘rta arifmetik miqdori natija qilib olinadi. Hisoblab chiqarilgan nisbiy balandliklarning to‘g‘riligini tekshirib ko‘rish uchun geometrik to‘r nuqtalari o‘zaro tutashtirilib uchburchaklar yoki ko‘pburchakli yopiq poligon hosil qilinadi. Yopiq poligon yoki uchburchak uchlarining nisbiy balandliklari algebrik yig‘indisi nolga teng bo‘lishi kerak. Yig‘indi nolga emas, balki boshqa songa teng bo‘lsa, bu son nisbiy balandlik xatosi hisoblanadi. Agar xato yo‘l qo‘yiladigan miqdordan chetga chiqmasa, nisbiy balandliklarga poligon tomonlari uzunligiga proporsional qilib teskari ishora bilan tarqatiladi.

Nuqtalardan birining absolyut yoki shartli balandligi ma‘lum bo‘lsa, boshqa nuqtalarning absolyut (shartli) balandliklari

hisoblab chiqariladi. Absolyut balandlik qiymati, nuqtalar yoniga 1 santimetr gacha yaxlitlab yozib qo'yiladi.

Geometrik to'r punktlarining o'tmetkalari trigonometrik nivelirlash usulida aniqlanadi. Birinchi punktida ish tamom bo'lgach, menzula boshqa punktga ko'chiriladi. Bu punktida ham yuqorida aytilgan ishlar bajariladi. Har bir punktning planshetdagi o'rni uchta punktdan turib kesishtirish usulida aniqlangach, o'rni o'lchash tsirkuli bilan teshib belgilanadi, nomeri va o'tmetkasi yoziladi.

13.4.3. Joy tafsiloti va reefni menzula bilan s'yomka qilish

Menzula bilan s'yomka qilishda joydagi tafsilotlar planshetga qutbiy usulda tushiriladi. Buning uchun menzula biror punktga o'rnatiladi. So'ngra planga olinadigan tafsilotlarning xarakterli nuqtalari (piketlar) tanlanadi. Ularning o'rni joyning o'zida planshetga grafik usulda tushiriladi va nuqtalar tutashtirilib, joydagi tafsilotlarning konturi hosil kilinadi. Tafsilotlarni planshetga tushirish bilan bir vaqtda, relef ham planga olinadi.

Nisbiy balandliklar asbob o'rnatilgan punkt (stantsiya)ning o'tmetkasiga algebraik qo'shilsa, piketlarning o'tmetkalari kelib chiqadi. Bu o'tmetkalar planshetda tegishli piketlar yoniga 0,1 *m* gacha yaxlitlanib yozib qo'yiladi. Tafsilotlarni planshetga tushirishda asbob o'rnatilgan punkt (stantsiya) bilan piketlar o'rtasidagi masofa 1:10000 masshtabda plan olishda 200 *m*, 1:5000 masshtabda – 150 *m*, 1:2000 masshtabda – 100 *m*, 1:1000 masshtabda esa 80 *m* dan katta bo'lmasligi kerak. Relefnı planga olishda bu masofa ikki baravar katta. bino va imoratlar qurilgan yopiq joylarda esa 20–30% qisqa bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, relefnı planshetga tushirishda piketlar oralig'i 1:500 masshtabda plan olishda 20 *m*, 1:1000 masshtabda – 30 *m*, 1:2000 masshtabda – 50–70 *m*, 1:5000 masshtabda esa 100–120 *m* dan katta bo'lmasligi kerak.

Har bir punkt atrofidagi tafsilotlar va relefnı xarakterli nuqtalari planshetga tushirilgach, relef shu joyning o'zida ko'z bilan chamalab interpoliyatsiyalash usulida gorizontallar bilan chizilishi kerak.

Har kuni ish tamom bo'lgach, planshetga tushirilgan piketlarning o'tmetkalari – balandliklar kalkasiga, tafsilotlar esa

konturlar kalkasiga ko'chiriladi. Bu kalkalar planni tekshirish uchun hamda o'chib ketgan otmetka va shartli belgilarni tiklash (qayta chizish) uchun kerak bo'ladi. Balandliklar kalkasidan planshetda gorizontallar to'g'ri o'tkazilganligini tekshirishda ham foydalaniladi.

Joyning plani olingach, planning to'g'riligi tekshirib ko'riladi. Bu ish bilan planni qabul qilib oluvchi kishi shug'ullanadi. Planshet tekshirilib, kamchiliklari yo'qotilgach, u menzula taxtasidan ko'chiriladi. Plan yonma-yon joylashtirilgan bir necha planshetga tushirilgan bo'lsa, ularni birlashtirish uchun har bir planshetning ramkasi bo'ylab 5 mm cha joy planga olinadi. So'ngra yonma-yon joylashgan planshetlardagi konturlar tasviri va gorizontallar taqqoslanadi. Konturlar tasviridagi farq 1 mm dan kichik bo'lsa va gorizontallar bir-biriga kesim balandligining $\frac{2}{3}$ qismicha to'g'ri kelmasa, ikkita planshetni bir-biriga birlashtirishda kontur va gorizontallarning o'rtalikdagi o'rni chiziladi. Aks holda yuqoridagi joylar qaytadan planga olinishi kerak. Qalamda chizilgan planning to'g'riligi tekshirilib, topilgan kamchiliklar yo'qotilgandan keyin plan yozuv va shartli belgilar bilan rasmiylashtiriladi. 1:5000 va 1:2000 masshtabli planlarda tayanch va plan olish punktlarining otmetkalari hamda har 1 dm² joyda kamida to'rtta piketning otmetkasi 1:500 masshtabli planda esa barcha piketlarning otmetkalari yozib qo'yiladi.

Nazorat savollar:

1. Menzula va kipregel qanday plan olishda ishlatiladi?
2. Menzulaga qo'yiladigan asosiy talablarni aytib bering.
3. Kipregelning talabga mosligi qanday tekshiriladi?
4. Menzula s'yomkasida tayanch punktlarning koordinatalari qaysi usullarda aniqlanadi?
5. Menzula s'yomkasida geometrik to'r qanday barpo etiladi?
6. Geometrik to'r punktlarining otmetkalari qanday usulda aniqlanadi.
7. Menzula s'yomkasida plan masshtabiga stantsiya va piket nuqtalari orasidagi masofa uzunligi chekini aytib bering.
8. Menzula s'yomkasida plan masshtabiga bog'liq holda piket nuqtalari orasidagi masofalar kattaligi necha metrdan oshmasligi kerak?

Glossariy

Absolyut balandlik – asosiy sathiy yuzaga nisbatan aniqlangan balandlik.(basic level surface height)

Asosiy sathiy yuza – yer yuzasidagi o'zaro tutash okean va dengizlarni faraz qilingan tinch holatdagi suv sathini shovun chizig'i yo'nalishiga perpendikulyar, yerning quruqlik qismi ostidan fikran davom ettirish natijasida hosil bo'lgan sathiy yuza.(on the surface of the land adjacent to the noise level of the water in the oceans and seas calm of my suggested line perpendicular to the direction of the bottom part of the earth's land surface with a surface dressing as a result of the continuation.)

Astronomik kenglik – koordinatasi aniqlanayotgan nuqtadan o'tgan shovun chizig'i bilan ekvator tekisligi orasida hosil bo'lgan burchak.(revealed the coordinates of the point the noise of the band playing in the corner of the equatorial plane)

Astronomik meridian tekisligi – koordinatasi aniqlanayotgan nuqtadan o'tgan shovun chizig'ida yotuvchi va yer aylanish o'qiga parallel qilib o'tkazilgan tekislik.(revealed the coordinates of the point that underlie the high line and a plane parallel to the Earth's axis of rotation.)

Astronomik uzoqlik – koordinatasi aniqlanayotgan o'tgan astronomik meridian tekisligi orasidagi ikki yoqli burchak.(revealed the coordinates astronomical say the angle between the plane of the meridian.)

Balandlik tayanch punkti – absolyut balandligi ma'lum bo'lgan GTP.(the absolute height of geodetic base stations.)

Geografik koordinata – astronomik va geodezik koordinata tizimlarini umumiy nomi.(astronomical and geodetic coordinate system.)

Geodezik kenglik – koordinatasi aniqlanayotgan ellipsoid sathiga tushirilgan normal bilan ekvator tekisligi orasidagi burchak (revealed the coordinates of the surface of the ellipsoid into a normal angle between the plane of the equator)

Geodezik uzoqlik – koordinatasi aniqlanayotgan nuqtadan o'tgan geodik meridian tekisligi bilan boshlang'ich meridian tekisligi orasidagi ikki yoqli burchak. (ordinate with the plane of the meridian point Geodon revealed the initial angle between the plane of the meridian decision.)

Geodezik s'yomka – Yerning haqiqiy shaklini aniqlash uchun katta hududlarda bajariladi (Geodetic Surveying:The type of surveying that takes into account the true shape of the earth. These surveys are of high precision and extend over large areas).

Gorizontal s'yomka – s'yomka turi bo'lib unda yer sirti sferikligini gorizontal masofa va yo'nalishlarga ta'siri inobatga olinmaydi (The type

of surveying in which the mean surface of the earth is considered as a plane, or in which its spheroidal shape is neglected, with regard to horizontal distances and directions)

Yerni distantсион zondlash – Yer yuzasini turli bildagi s'vomka apparatlari bilan jixozlangan aviatsion va kosmik vositalar orqali kuzatmoq (Earth remote sensing is Supervision of terrene by the aviation and space facilities, equipped by the different types of survey apparatus)

Markaziy proektsiya – markaz deb qabul qilingan nuqta bilan proektsiyalanayotgan nuqtalardan o'tgan chiziqlar yordamida yer yuzasidagi nuqtalarni qabul qilingan safhga proektsiyalash. (the center lines of the dot points proektsiyalanayotgan the level of the points on the Earth's surface projections.)

Meridian – shimoliy va janubiy referents qutblarni tutashtiruvchi chiziq (A north–south reference line).

Nisbiy balandlik – bir nuqtaning ikkinchi nuqtaga nisbatan balandligi (the height of a point compared to the second point)

azimut – meridianning shimoliy qismidan soat strelkasining yo'nalishi bo'yicha berilgan chiziqgacha bo'lgan burchak. (The direction of a line given by an angle, measured clockwise from a north (usually) meridian).

Markaziy meridian – har 6° uzoqlik orasidagi zonani koordinata to'ringining markazida joylashgan meridian (a reference meridian in the center of the zone covered by the plane coordinate grid-at every 6° of longitude).

Elektron dalnomer – Masofani elektron o'lchash asbobi (EDM – Electronic distance measurement).

Kontur – o'xshash chiziqlarni bilashtiruvchi kartadagi chiziq (A line on a map joining points of similar elevation).

Topografik s'vomka (planga olish)- topografik karta tuzish uchun yer ustidagi tabiiy obyektlar o'rni va relef shakli haqidagi ma'lumot yig'ish jaroyoni (Made to gather data to produce a topographic map showing the configuration of the terrain and the location of natural objects).

Triangulyatsiya – Uchburchaklar qatoridagi uchburchaklarni har bir ichki burchaklarini o'lchash orqali geodezik tayanch to'r yaratish usuli (triangulation – A control survey technique involving a precisely measured baseline as a starting side for a series of triangles or chain of triangles).

trilateratsiya – Uchburchaklar tomonini geodezik o'lchash ishlari bilan geodezik tayanch to'r yaratish usuli (trilateration The control surveying solution technique of measuring only the sides ina triangle).

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Avchiyev Sh. K. Toshpulatov S. A. «Injenerlik geodeziyasi» Yosh kuch pressmatbuoti, 2015-y
2. Баканова В. В. Геодезии М., Недра 1980
3. Баканова В. В. Практиум по геодезии М., Недра 1983 г.
4. Басаргин А.А. Анализ методов построения цифровой модели рельефа. – Новосибирск, 2006.
5. Гришберг М. А. Геодезия часть 1. М., Недра 1967 г.
6. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов М., Недра 1990 г.
7. Muborakov X. Geodeziya. Cho'lon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2007-y.
8. Muborakov X. Geodeziya va kartografiya. T. O'qituvchi, 2002-y.
9. Михелев Д. Ш. Инженерная геодезия М., “Академия”2008 г.
10. Наземные съемки М., Недра 1977 г.
11. Руководства по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.
12. Поклад Г.Г., Гряднев С. П. Геодезия , М., Академический проспект. 2010.
13. Руководства по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.
14. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. М., Высшая школа, 2004 г Ямбаев Х.К. Специальные приборы для инженерно геодезических работ. М. Недра, 1990 г.
15. ШНК 1.02.08-15 “Инженерно-геодезические изыскания для строительства”.
16. Кўзибоев Т.К. Геодезия Т., Ўқитувчи 1975 й
17. Aylmer Johnson. Plane and geodetic surveying., CRC Press, 2014
17. Charles D.Ghilani, Paul R. Wolf. «Elementary Surveying». 2012.
19. lu,Z.; qu, Y., Qiao, S. Geodesy: Introduction to Geodetic Datum and Geodetic Systems., «Spriger».2014.
20. James R.Smith .Geodesy ,1997
21. Surveying with Constuction Aplications.2010
22. Topographic mapping. John N. Hatzopoulos. 2008. USA
23. Fundamentals of Surveying. S.K.Roy.2000
24. Engineering Surveying . W.Schofield. 2007.ELSIVIER
25. <http://www.geo-spektr.ru/lazernye-dalnomery/leica/>
26. <http://www.geo-spektr.ru/tacheometry/>
27. <http://www.ungasu.ru/geodesy/classification/chastnye-kiassifikatsii>

MUNDARIJA

Soʻz boshi.....	3
-----------------	---

1 qism. GEODEZIYA HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.Geodeziya fanining mohiyati.....	4
1.1. Geodeziya fani va uning vazifalari.....	4
1.2. Geodeziya fanining qisqacha tarixi	7
1.3. Geodeziyaning mamlakat xoʻjaligi rivojlanishidagi oʻrni...	10
2.Yer sirtidagi nuqta holatini aniqlash.....	12
2.1 Yerning shakli va kattaligi	12
2.2. Geodeziyadagi proektsiyalash uslublari	16
2.2.1.Gorizontal proektsiyalash uchun kerak boʻlgan kattaliklar.....	19
2.2.2. Proektsiyalashda yer sirti egriligini gorizontal va vertikal masofaga taʼsiri	20
3.Geodeziyada qoʻllaniladigan koordinata tizimlari.....	23
3.1. Fazoviy kordinata tizimlari	23
3.2. Yassi koordinata tizimlari	27
3.3. Toʻgʻri burchakli yassi koordinata tizimi	27
4.Geodezik orientirlash.....	33
4.1. Geodezik orientirlash tushunchasi.....	33
4.2. Haqiqiy meridian va magnit meridianga nisbatan orientirlash.....	33
4.3. Direktsion burchak	35
4.4. Meridianlar yaqinlashish burchagi	35
4.5. Yoʻnalish orientirlash burchaklari orasidagi bogʻlanish	36
4.6.Rumblar	37
4.7. Rumb va orientirlash burchaklari orasidagi munosabat .	38
4.8. Direktsion burchaklar va gorizontal burchak orasidagi bogʻlanish	39
4.9. Toʻgʻri va teskari geodezik masalalar	40
5.Karta, plan va profil.....	43
5.1. Karta, plan va profil tushunchasi.....	43
5.2. Masshtab turlari.....	44
5.3. Topografik karta va planlarning varaqlarga boʻlinishi va nomenklaturasi	48

5.4. Topografik karta va planlarning shartli belgilari.....	56
5.5. Joy reliefini plan va kartalarda tasvirlash.....	59
5.5.1. Relief turlari	59
5.5.2. Reliefni karta yoki planda gorizontallar bilan tasvirlash...	60
5.5.3. Jeyning raqamli modeli asosida plan tuzish.....	63
6. Topografik karta va planlarda yechiladigan masalalar	66
6.1. Topografik kartalarning matematik elementlari.....	66
6.2. Topografik kartada masofa o'lchash	70
6.3. Topografik kartadagi yo'nalishning orientirlash burchaklarini aniqlash	73
6.3.1. Kartalarda yo'nalish direksion burchaklarini o'lchash.....	74
6.3.2. Meridianlar yaqinlashish burchagi yordamida yo'nalishlarning haqiqiy azimutini hisoblash	75
6.3.3. Magnit strelkasini og'ish burchagi yordamida yo'nalishlarning magnit azimutini hisoblash.....	75
6.3.4. O'lchangan direksion burchaklari asosida yo'nalishlarning rumb qiymatlarini hisoblash.....	75
6.4. Kartada berilgan nuqtaning geografik koordinatalarini aniqlash.....	76
6.5. Kartada berilgan nuqtaning to'g'ri burchakli koordinatalarini aniqlash	78
6.6. Kartadagi nuqtalarning balandliklarini aniqlash	80
6.7. Kartada berilgan yo'nalish bo'yicha profil tuzish.....	82

2 qism. GEODEZIK O'LCHASHLAR

7. Geodezik o'lchashlar va xatolar.....	85
7.1 Geodezik ishlarining mohiyati	85
7.2. Joyda o'lchanadigan kattaliklar	85
7.3. Geodeziyada qo'llanadigan o'lchov birliklari	86
7.4. O'lchash va o'lchash xatolari	87
7.5. Tasodifiy xato xususiyatlari	89
7.6. Natijalar aniqligiga baho berish	90
7.7. Bevosita o'lchash natijalari funksiyasining o'rta kvadratik xatosi	94
8. Yuza aniqlash.....	98
8.1. Yuzani analitik usulda aniqlash.....	98
8.2. Grafik va geometrik usulda yuza aniqlash	101

8.3. Mexanik usulda yuza aniqlash	102
8.4. Yuza aniqlash aniqligi	106
9. Burchak o'lchash	108
9.1. Burchak o'lchash mohiyati	108
9.2. Teodolit turlari	110
9.3. Teodolitning asosiy qismlari	111
9.4. Gorizontaal doira va sanoq olish qurilmasi	113
9.5. Vertikal doira	115
9.6. Ko'rish trubasi	117
9.7. Adilaklar	120
9.8. Teodolitni tekshirish	122
9.9. Elektron taxometrlar	127
9.9.1. Elektron taxometr tuzilishi	129
9.10. Gorizontaal burchak o'lchash	130
9.11. Vertikal burchak o'lchash	133
10. Joyda masofani o'lchash	136
10.1. Masofani o'lchash usullari	136
10.2. Masofani bevosita o'lchash asboblari va ularni tekshirish	136
10.3. Masofani bilvosita o'lchash	141
10.4. Optik dalnomerlar bilan masofa o'lchash	141
10.5. Elektron dalnomerlar bilan masofa o'lchash	148
10.6. Ixcham lazerli va ultratovushli dalnomerlar	151
11. Nivelirlash	154
11.1. Nivelirlashning mohiyati va turlari	154
11.2. Geometrik nivelirlash	155
11.3. Nivelir turlari va ularning tuzilishi	160
11.4. Nivelirlashda ishlatiladigan reykalalar	165
11.5. Nivelirlarni tekshirish	167
11.6. Trigonometrik nivelirlash	173
11.7. Barometrik nivelirlash	174
11.8. Hidrostatik nivelirlash	174
 3 QISM. GEODEZIK TO'R VA S'YOMKALAR	
12. Geodezik to'rlar	177
12.1. Geodezik to'r va geodezik punktlar mohiyati	177
12.2. Davlat geodezik tayanch to'rlari	178
12.3. Geodezik zichlashtirish to'rlari	180

12.4. Maxalliy s'yomka to'rlari.....	181
12.5. Geodezik tayanch punkt koordinatasini yer sun'iy yo'ldoshlari yordamida aniqlash	182
13. Geodezik s'yomkalar.....	187
13.1. Geodezik s'yomka mohiyati.....	187
13.2. Teodolit s'yomkasi.....	192
13.2.1 Teodolit s'yomkasidagi tayyorgarlik ishlari.....	194
13.2.2. Teodolit s'yomkasidagi dala ishlari.....	195
13.2.3. Teodolit s'yomkasidagi kameral ishlar	197
13.3. Taxeometrik s'yomka.....	201
13.3.3. Taxeometrik s'yomkadagi kameral ishlar	206
13.4. Menzula s'yomkasi.....	209
13.4.1 Menzula s'yomkasi jihozlari va ularni tekshirish.....	210
13.4.2. Menzula s'yomkasidagi tayanch to'rlar	212
13.4.3. Joy tafsiloti va reefni menzula bilan s'yomka qilish	215
Glossariy.....	217
Foydalanilgan adabiyotlar	219

GEODEZIYA 1

(Texnikaviy aniqlikdagi o'lchashlar)

*«5311500 – Geodeziya, kartografiya va kadastr» ta'lim yo'nalishi
talabalar uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

Muharrirlar:	A.Tilavov A.Abduljalilov
Texnik muharrir:	Y.O'rinov
Badiiy muharrir:	I.Zaxidova
Musahhiha:	N.Muxamedova
Dizayner:	Y.O'rinov

Nash.lits. № AI 245. 02.10.2013.

Terishga 23.09.2018-yilda berildi. Bosishga 11.12.2018-yilda
ruxsat etildi. Bichimi: 60x84 1/16. Ofset bosma. «Times New
Roman» gamiturasi. Shartli b.t. 14.0. Nashr b.t. 13,02.

Adadi 300 nusxa. Buyurtma №112.

Bahosi shartnoma asosida.

«Sano-standart» nashriyoti, 100190, Toshkent shahri,
Yunusobod-9, 13-54. e-mail: sano-standart@mail.ru

«Sano-standart» MCHJ bosmaxonasida bosildi.

Toshkent shahri, Shiroq ko'chasi, 100-uy.

Telefon: (371) 228-07-96, faks: (371) 228-07-95.